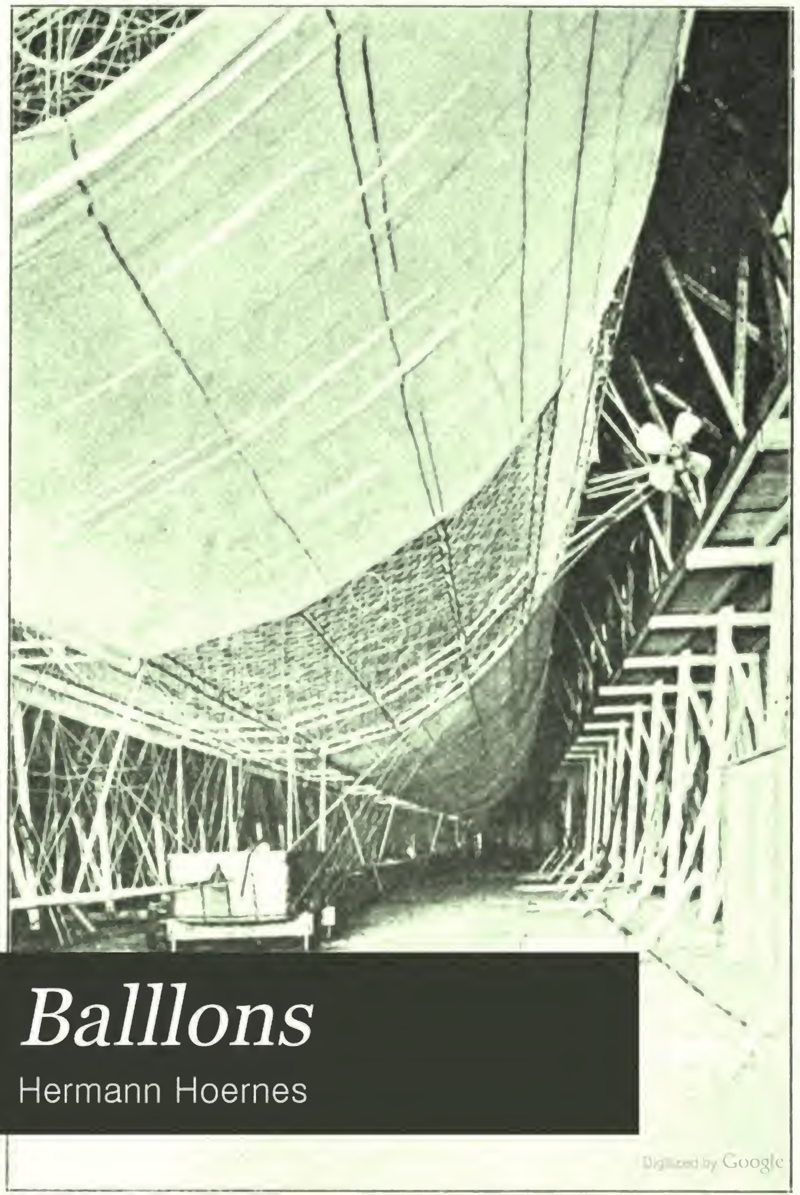

Balllons
Hermann Hoernes


THE LIBRARY OF CONGRESS
1800



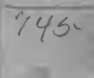
LENKBARE
BALLONS

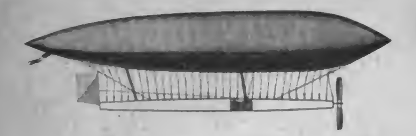
RÜCKBLICKE UND AUSSICHTEN

VON

HERMANN HOERNES

HAUPTMANN IM K. U. K. EISENBAHN- UND TELEGRAPHENREGIMENTE
MITGLIED DER INTERNATIONALEN AERONAUTISCHEN COMMISSION IN PARIS





MIT 84 FIGUREN IM TEXT, 6 LITHOGRAPHIERTEN TAFELN
UND ZAHLREICHEN TABELLEN

LEIPZIG
VERLAG VON WILHELM ENGELMANN
1902

LENKBARE BALLONS

RÜCKBLICKE UND AUSSICHTEN

VON

HERMANN HOERNES

HAUPTMANN IM K. U. K. EISENBAHN- UND TELEGRAPHENREGIMENTE,
MITGLIED DER INTERNATIONALEN AERONAUTISCHEN COMMISSION IN PARIS

»Das lenkbare Luftschiff ist ein wissenschaftliches Problem und kann nur durch nüchternes Rechnen im Vereine mit vielen und kostspieligen empirischen Versuchen seiner Lösung näher geführt werden.«

Moedebeck.

MIT 84 FIGUREN IM TEXT, 6 LITHOGRAPHIERTEN TAFELN
UND ZAHLREICHEN TABELLEN

LEIPZIG

VERLAG VON WILHELM ENGELMANN

1902

Vorwort.

Während der dreizehn Jahre, in denen ich mich teils dienstlich, teils außerdienstlich theoretisch und praktisch mit Luftschiffahrt und mit Flugtechnik befasse, haben diese Disziplinen ganz bedeutende Fortschritte aufzuweisen. Durch das rasche Aufblühen der Automobil-Industrie ist den Luftschiffern ein ungeahnter und mächtiger Verbündeter erwachsen.

Interessante Projekte, so die von Maxim, Hargrave, Langley, Ader, Kress, Weisskopf, Schwarz, Zeppelin, Santos Dumont, Rozé, Severo u. a. wurden mit mehr oder weniger Erfolg ausgeführt. Lilienthal, Herring, Chanutte, Pilcher und andere durchflogen mit ihren Fallschirmfliegern die Luft. Weißkopf erhob sich als erster vom flachen Boden weg in die Luft. Der Sigsfeld-Parseval'sche Drachenballon widerstand Winden von mehr als 25 m Geschwindigkeit, ohne Schaden zu nehmen. In den Fragen des Luftwiderstandsgesetzes sieht man heute, dank der ausgezeichneten Experimente von Loessl u. a., viel klarer als früher; auch die Motorenfrage ist in einer für die Luftschiffahrt über jedes Erwarten günstigen Entwickelung begriffen. Ein mächtiges Vorwärtsschreiten auf allen Gebieten der Aëronautik ist unverkennbar.

Bei keiner technischen Disziplin ist indessen der Pfad ein so mühe- und ein so dornenvoller, wie bei der Luftschiffahrt. Verunglückten doch innerhalb der letzten sechs Jahre allein, bei Ausübung ernster flug- und ballontechnischer Experimente, hochbegabte Männer, wie Lilienthal und Dr. Wölfert in Berlin, Pilcher in London und jetzt Severo in Paris. Vor kaum zwei Monaten raffte in Ausübung wissenschaftlicher Luftschifffahrten ein tragisches Geschick Deutschlands tüchtigsten Aëronauten Bartsch von Sigsfeld, dahin. Hat es nicht den Anschein, als ob die Luftgötter warnend ihre Hand erhöben gegen die Frevler, welche sich anschicken, ihr Reich zu erobern?

Wohl über Leichen geht der pfadlose Weg ins Unermessliche und mancher Luftschiffer mag sich angesichts der unheimlich häufenden Katastrophen abschrecken lassen, die betretene Bahn ferner zu wandeln.

Aber trotzdem wird der Mensch ohne Unterlass weiterstreben, forschen und versuchen, auf welche Art er am besten zu dem ersehnten Ziele gelangen könne. Darum darf, vom großen Standpunkte aus betrachtet, einzelnen Katastrophen, wenn wir auch den davon betroffenen Opfern gewiss

unser lebhaftestes Mitgefühl entgegenbringen, keine die Entwicklung der Luftschiffahrt abschneidende Bedeutung beigemessen werden.

Trügen nicht alle Zeichen, so wird in nicht ferner Zeit die Atmosphäre von Luftfahrzeugen aller Art nach jeder Richtung hin befahren werden; dafür bürgt die Zähigkeit und Energie, mit welcher die Menschheit einmal von ihr in Angriff genommene Werke durchführt.

In der vorliegenden Publikation sah ich von einer Behandlung der sogenannten »Flugapparate« ganz ab und wählte ausschließlich die »lenkbaren Luftballons« zum Gegenstande meines Studiums.

Ich forschte den Gründen nach, warum die bis nun erbauten »lenkbaren Ballons« die auf sie gesetzten Hoffnungen nicht erfüllten. Zu diesen Studien gesellten sich andere, die mich über das Wesen des »lenkbaren Ballons« aufklärten, die mir die Frage beantworteten, ob bei fortschreitender Vervollkommnung der Motoren und der Architektur des Aërostaten sich nicht auch die Aussichten des »lenkbaren Ballons« bessern dürften. Ich kam, eine große Reihe Ballons auf meinem Reißbrette zeichnend und sie dabei einer systematischen, kritischen Rechnung unterwerfend, zu ganz unerhofft günstigen Resultaten, zu Resultaten, welche meinen Glauben an die Möglichkeit der Durchschiffung des Luftozeans mit »lenkbaren Ballons« weckten und befestigten und in weiterer Folge mich erkennen ließen, dass der von mir in Aussicht genommene Weg nicht nur der richtige, sondern, so lange wir noch mit relativ schweren Motoren und Baumaterialien rechnen müssen, der einzig mögliche sei, wenn es sich darum handelt, größere Lasten durch die Luft zu befördern.

Das vorliegende Buch bespricht in der Einleitung jene Punkte, welche bei der Behandlung der Frage lenkbarer Ballons überhaupt in Betracht kommen. Der Umstand, dass diese Studien auch für weitere Leserkreise bestimmt erscheinen, macht das vielleicht von manchem Fachaëronauten als überflüssig empfundene Eingehen auf Details nötig.

Im ersten Kapitel werden einige der bis nun gebauten, unserer Beachtung wert scheinenden »lenkbaren Luftschiffe« in systematischer Weise besprochen. Die gewählte Anordnung soll zu Vergleichsstudien anregen. Das Luftschiff von Zeppelin, als das zur Zeit interessanteste Flugobjekt, wurde eingehender behandelt. Über viele wirklich ausgeführte Ballons und über die Geschichte der Ballons wird man auch im Anhange noch Näheres finden.

Die Titelabbildungen der Aërostaten von Giffard bis incl. Renard sind alle in dem gleichen Maßstabe gehalten. Über die verschiedenen Arten der Ballontraggerüste handeln auch die Seiten 183 bis 188.

Im zweiten Kapitel wird die für die ausübende Luftschiffahrt wichtige Änderung der Windgeschwindigkeit und Windrichtung mit zunehmender Höhe näher, und einige auch für Nichtmeteorologen wissenswerte Gesetze über den Wind überhaupt besprochen. Dabei war ich in der angenehmen Lage die neuesten Erfahrungen über die Änderung der Windgeschwindigkeit und Richtung mit der Höhe auf Grund der bedeutenden und

umfassenden Publikationen des »Deutschen Vereines zur Förderung der Luftschiffahrt« verwerten zu können. Im Anschlusse daran ist der Einfluss des Windes auf die Ballonbahn eingehend erörtert und der Versuch gemacht, eine Theorie der Luftnavigation aufzustellen.

Als eine Art Fortsetzung dieses Kapitels sind die Tabellen auf den Seiten 188 bis 203 zu betrachten. Ihr Studium orientiert uns über die einem »lenkbaren Ballon« zu gebende Minimaleigengeschwindigkeit.

Im »dritten bis sechsten Kapitel« wird der von mir aufgestellte Begriff der »relativen Ballongewichte« erörtert und auf Grund von über 20000 Rechnungsmanipulationen und hier nicht publizierter zahlreicher Detailkonstruktionen ihr Wesen und Einfluss näher dargelegt.

Speziell das dritte Kapitel behandelt »125 Ballons« von verschiedenen Volumen und Querschnitten, welche mit Geschwindigkeiten von 10 bis 17 m per Sekunde fortbewegt gedacht werden. Im vierten Kapitel werden die Schlüsse aus den Tabellen 1a bis 8a gezogen. Das fünfte Kapitel behandelt »150 Ballons«, das sechste »sphäroidale Ballons« in ähnlicher Weise. Die Homogenität der Schlussresultate, welche in den Tabellen 1b bis 9b, 1c und 2c niedergelegt und in den betreffenden Kapiteln näher erörtert werden, ist das beste Kriterium ihres inneren Wertes.

Die Theorie, dass »lenkbare Ballons« Utopien seien, wie von mancher Seite behauptet wird, hoffe ich damit, soweit es auf dem Papiere geht, gründlich und endgiltig widerlegt zu haben. Um den Umfang des Buches nicht zu sehr zu erweitern, musste ich mich begnügen, nur die hauptsächlichsten Resultate meiner Berechnungen und Kalkulationen in Tabellenform und in graphischen Darstellungen wiederzugeben.

Im siebenten Kapitel sind weitere, die »lenkbaren Luftschiffe« betreffende Fragen behandelt, welche im Vordergrunde unseres Interesses stehen. Es sind dies besonders die sogenannte »Permanenz der Form«, die »longitudinale Stabilität«, das Ballontraggerüste, die Luftschiffmotoren, die Luftschrauben, die Frage, welche Geschwindigkeit man einem »lenkbaren Ballon« geben müsse, u. a. m. Auch wird man in diesem Kapitel verschiedene Andeutungen finden, wie ich mir die weitere Ausgestaltung »lenkbarer Ballons« denke. Von rein theoretischen Kalkulationen wurde in diesem Teile des Werkes ganz Abstand genommen, um die Gemeinverständlichkeit nicht zu beeinträchtigen. Ebenso musste ich mich aus Platzrücksichten begnügen, einzelne Punkte nur andeutungsweise zu behandeln.

Ich habe es aus mehreren Gründen unterlassen, mit einem eigenen Projekte hervorzutreten, vornehmlich deshalb, weil die Frage der Lenkbarmachung des Ballons in diesem Buche nur vom allgemeinen Standpunkte aus behandelt werden sollte.

Im Anhange sind die während der Drucklegung auf dem Gebiete der aërodynamischen Luftschiffahrt zu verzeichnenden Neuerungen beachtet, Nachträge eingeschaltet und zu einzelnen Punkten Notizen gemacht, welche

im Texte angebracht, dessen Kontinuität vielleicht beeinträchtigt hätten, jedoch vielen, welche sich bisher nicht intensiv mit Luftschiffahrt beschäftigten, willkommen sein dürften.

Es wurde getrachtet, soweit es der Raum zuliess, das Buch zu einem Kompendium »lenkbarer Luftschiffe« zu gestalten, das über tunlichst viele Fragen Auskunft geben soll. Wer über andere, auch mit der Luftschiffahrt zusammenhängende Disziplinen sich orientieren will, sei auf das demnächst in 2. Auflage erscheinende Moedebeck'sche »Taschenbuch für Flugtechniker und Luftschiffer« verwiesen, bei welchem ich auch mitgearbeitet habe und welches speziell über das Thema der Physik der Atmosphäre, die technologische und die Motorenfrage in ergänzender Weise Auskunft erteilt. Ferner gibt das Literaturverzeichnis in ausreichender Weise Fingerzeige, wo über tatsächlich ausgeführte Luftschiffkonstruktionen näherer Rat zu holen wäre.

Es liegt mir ferne, den Kugelballon zu verachten oder seine bisherigen Leistungen zu unterschätzen; ich empfand es aber stets als ein beschämendes Gefühl, hoch über dem Erdgetümmel, über herrlichen Gefilden zu schweben, unvermögend, dem Fahrzeuge meinen Willen zu diktieren und jenen Punkten zuzueilen, die ich erreichen wollte. Oben in den Lüften, in Ausübung der praktischen Luftschiffahrt selbst, entbrannte in mir das Verlangen nach dem »lenkbaren Ballon« und diesem Ziele trachte ich mit allen mir zu Gebote stehenden Mitteln zuzustreben. Weil ich gegenwärtig nicht über die für den Bau lenkbarer Ballons nötigen Kapitalien verfüge, so entschloss ich mich, meinen Teil in Form von grundlegenden Studien zur Klärung der Luftschiffahrtsfrage beizutragen.

Wer sich die Mühe nimmt, die in dem Buche enthaltenen Rechnungen einer genauen Prüfung zu unterziehen, wird finden, dass es mir ferne lag, Hypothesen aufzustellen. Meine Kalkulationen basieren einzig auf gewissenhaft geprüften Annahmen, die durch die Erfahrung sich als ausführbar erwiesenen haben.

Ich würde mich freuen, wenn es meinen Darlegungen gelungen sein sollte, zur Klärung und Weiterentwicklung der Frage beizutragen und dem »lenkbaren Ballon« Freunde zu verschaffen.

Der Verlagsbuchhandlung danke ich bestens für die tätige Förderung, welche sie meinem Werke angedeihen liess.

Korneuburg bei Wien, im Mai 1902.

Der Verfasser.

Inhalt.

Viertes Kapitel.

Fünftes Kapitel.

Seite

Sechstes Kapitel.

Siebentes Kapitel.

Seite

Anhang.

Verzeichnis der Textfiguren.

Verzeichnis über die beigefügten Tafeln I—VI.

Einleitung.

Was begreift die Lenkbarkeit eines Ballons in sich?

Wer sich mit einer neuen Sache zu beschäftigen beginnt, der sieht in der Regel, wie das Sprüchwort sagt, den Wald vor lauter Bäumen nicht. Erst nach und nach klärt sich der Blick und sichten sich jene Momente ab, die für die Behandlung des ganzen Themas von entscheidender Wichtigkeit sind. Wenn es sich gar, wie bei der Luftschiffahrt, um ganz neue Errungenschaften handelt, — wo neue Standpunkte neue Ausblicke eröffnen — ist es doppelt schwer, den roten Faden, der aus dem Labyrinth verworrener Anschauungen führt, zu finden.

Um was handelt es sich hauptsächlich bei der Frage der Lenkbarmachung des Ballons? Offenbar in erster Linie um die Lösung eines rein technischen, oder, wenn man will, technisch-physikalischen, also wissenschaftlichen Problems. Daraus folgt schon mit zwingender Logik, dass an ihrer Perfektionierung nur Techniker und Physiker (Chemiker und Meteorologen) und speziell Maschinentechniker zu arbeiten berufen sind.

Bei näherer Beleuchtung dieses Problems löst es sich in eine ganze Reihe koordinierter, miteinander in innigem Kontakt stehender Einzelfragen auf. Von den physikalischen und chemisch-technologischen will ich nur kurz, als außerhalb des engeren Rahmens dieser Schrift liegend, die des Luftwiderstandes, die der billigsten Erzeugung des Traggases und die der Gasdichtheit der Hüllen erwähnen.

Bei dem Studium der »Lenkbarmachung des Ballons« haben wir es mit Körpern zu thun, die in der Luft frei schweben und sich nach jeder im voraus bestimmten oder momentan gewollten Richtung im Luftozean — also nach drei Koordinaten hin — ohne Schaden an ihrer Konstruktion zu leiden, bewegen sollen. Diese Körper erhalten ihren ganzen, oder doch einen beträchtlichen Teil ihres Auftriebes durch ein sehr leichtes Traggas, das sie in einer thunlichst gasdichten, also gashaltenden Hülle mit sich führen. Die geringe Auftriebskraft dieses Gases (per 1 cbm höchstens 1—1,2 kg) bedingt die Mitnahme einer großen Quantität, leider immer in sehr voluminöser Form.

Dieser Ballon soll nun mit einer thunlichst großen Geschwindigkeit bewegt werden. Dabei muss er ein gewisses Quantum Luft verdrängen und zwar mit um so größerem Widerstande, je schneller er sich bewegt. Hierzu ist von mehreren Faktoren eine Arbeit zu leisten und zwar vorerst

von einem **primären** Motor (Kohle, Gas, Explosivstoffe etc.), welcher einen **sekundären** Motor (Dampfmaschine, Gasmaschine, elektrische Maschine etc.) in Betrieb setzt, die ihrerseits wieder einen **tertiären** Motor, aus einer Flächenkombination bestehend (Schrauben, Schaufelrad, Flügel etc.), bewegen, welche, alle zusammenwirkend, befähigt sind, die eigentliche Luftverdrängungsarbeit zu leisten. Dass hierbei eine große Menge des ursprünglichen Effektes verloren geht, ist jedem Maschinentechniker bekannt.

Im innigen Kontakt mit der Frage der schnellen Vorwärtsbewegung steht die **Form** des Luftschiffes (**Architektur** des Ballons), die darauf basierende zweckmäßigste Größe des **Reduktions-Koefficienten** und die **Leichtigkeit** der Motoren. Später werde ich alle diese Punkte eingehender besprechen.

Wäre die Luft immer **ruhig**, so würde selbst die bescheidenste Eigengeschwindigkeit des Ballons genügen, um seine Lenkbarkeit zu ermöglichen. Weil dies aber nur höchst selten der Fall ist, so müssen wir unserem Fahrzeuge eine größere Geschwindigkeit geben als jene ist, welche der Wind den größten Teil des Jahres inne hat.

Sobald der Ballon in der Luft schwebt, besitzt er — gleichsam in ihr eingekapselt — dieselbe Geschwindigkeit, wie das ihn umgebende Luftmedium, gegen das er sich stets mit der ihm zukommenden Eigengeschwindigkeit frei bewegen kann. Anders verhält es sich jedoch, sobald wir einen festen Punkt auf der Erde zum Ausgangspunkte unserer Beobachtung wählen. Weht ein Wind von a nach b mit y Meter Geschwindigkeit und will der Ballon von b nach a kommen, so muss er unbedingt über eine **größere** Eigengeschwindigkeit verfügen, als jene ist, welche der Wind besitzt. Hier, sowie in der weiteren Frage des Betriebes hat der **Meteorologe** ein entscheidendes Wort mitzusprechen. Er klärt uns über die Häufigkeit, die Richtung und Geschwindigkeit des Windes in den verschiedenen Höhen, Tages- und Jahreszeiten auf.

Der **Maschinenkonstrukteur** giebt den Motoren jene Dimensionen,[1] welche zur Überwindung der auftretenden Widerstände (Luftwiderstände) erforderlich sind. Damit wäre die Frage der Fortbewegung des Ballons kurz gestreift. Sie bildet den eigentlichen Kardinalpunkt der ganzen sogenannten **Lenkbarkeits**frage, und gipfelt in dem Bestreben, unsere Luftschiffe mit einer thunlichst großen Eigengeschwindigkeit auszustatten. Bekanntlich spielt ja dieses Thema auch im Wasserschiffbau eine ganz hervorragende Rolle. Auch hier giebt man den Schiffen stets kräftiger arbeitende Maschinen, verkleinert den Reduktionskoëfficienten etc. Nur liegt der Fall bei dem Wasserschiffkonstrukteur viel einfacher, weil dort das Maschinen**gewicht** nicht jene hervorragende Rolle spielt, wie bei den Luftschiffen.

Der Konstrukteur eines Luftschiffes muss sich stets vor Augen halten, alle Gebilde so leicht zu gestalten, als es die ihm zu Gebote stehenden Hilfsmittel der mechanischen Technologie erlauben. Er muss stets mit dem Neuesten des Neuen auf diesem Gebiete rechnen, dabei aber immer

der eminenten Gefahr eingedenk sein, die Missgriffe in dieser Hinsicht nach sich ziehen. Vielfach wird er mit alten Überlieferungen brechen müssen, dabei aber immer des Wahlspruches eingedenk sein: »Erst wägen, dann wagen!«

Der letzte in Betracht kommende Punkt bezieht sich auf die Steuerung des Ballons. Diese vollzieht sich nach drei Dimensionen, also um eine Dimension mehr als bei Wasserschiffen.

Allgemein spricht man von der Lösung des Problems der Lenkbarkeit des Ballons. Es ist dies aber eigentlich eine ungenaue Bezeichnung des Standes der Frage. Im horizontalen Sinne ist jeder Ballon so wie die Wasserschiffe leicht durch entsprechende Steuermechanismen zu lenken. Zur Dirigierung im vertikalen Sinne hat man mehrere Mittel zur Ausführung gebracht. Das älteste und auch noch von Zeppelin angewendete besteht in dem Auslassen von Gas, wenn man fallen, d. h. zur Erde niedersteigen will — man nimmt dem Ballon aber dann den Lebensnerv — und in dem Auswerfen von Ballast — Wasser oder nasser Sand —, wenn man zu steigen beabsichtigt. Der Gebrauch beider Mittel ist sicher zum Ziele führend, hat aber den großen Nachteil, dass sie die Fahrtdauer sehr beeinträchtigen. Zeppelin konnte durch die Verlegung des Systemschwerpunktes seinem Ballon eine schiefe Stellung geben und in dieser mit Hilfe seiner Schraube ohne Ballastabgabe nach aufwärts und nach abwärts fahren.[2]) Nachdem aber jeder Höhenlage ein bestimmtes aëronautisches Gleichgewicht des Ballons entspricht, so versagt für eine längere Fahrtdauer dieses Mittel. Man muss also wieder zu einer Vermehrung oder Verminderung des spezifischen Gewichtes des Ballons greifen, oder ihn mit maschinellen Mitteln, d. i. durch permanente Verdrängung einer gewissen Luftmasse, nach aufwärts oder abwärts treiben. Wir befinden uns also hier schon an der Grenze des rein statischen Ballons und sehen vor unserem geistigen Auge ein Luftschiff erstehen, das mit absoluter Schwere ausgestattet, nicht mehr den Wolken vergleichbar ist und an der Grenze zwischen lenkbarem Ballon und Flugmaschine steht.[3])

Über die in der zweiten Hälfte des abgelaufenen Jahrhunderts ernst zu nehmenden Ballonprojekte und thatsächlich ausgeführten lenkbaren Luftballons existiert eine ziemlich ansehnliche Litteratur. Leider gehen die einzelnen Angaben über Dimensionen und Gewichte für einen Fachmann viel zu wenig ins Detail und widersprechen sich öfters. In den Tabellen I und II habe ich mit rigoroser Auswahl die für Ballontechniker wissenswertesten Daten der bis jetzt gebauten lenkbaren Ballons zusammengestellt, eine Arbeit, die merkwürdigerweise bis heute noch niemand publiziert hat. Man gewinnt beim Studium dieser Tabellen einen viel klareren Einblick in die hier herrschenden Verhältnisse, als beim bloßen Durchlesen einer Beschreibung der betreffenden Ballons. Der Gesichtskreis erweitert sich noch viel mehr, wenn man darangeht, selbst Bleistift und Papier zur Hand zu nehmen, nachrechnet und nachkonstruiert.



Vorerst will ich keine Kritik üben, sondern nach einer anderen Seite hin meine Studien verwerten. Ich will von der Vergangenheit in die Zukunft eine Brücke bauen. Ohne Rücksicht auf die Frage, welche Art von Luftschiffen, ob dynamische oder statische die besten seien (ich halte nämlich beide in mehreren Variationen für ausführbar und zukunftverheißend), sollen sich diese Zeilen nur mit lenkbaren Ballons befassen.

Was begreift das Thema der Lenkbarmachung des Ballons in sich, was lehrt, vom großen Standpunkte aus betrachtet, ihre Geschichte? Welches sind die Momente, die beim Bau lenkbarer Luftschiffe berücksichtigt werden sollen, hat es Aussicht, einst ein wirklich brauchbares Luftfahrzeug zu werden, verlohnt sein Studium die aufgewendete Mühe? Ist es wert und rentabel, praktisch ausgeführt zu werden?

Dieses sind die Thesen, welche ich mir vorgelegt habe und deren Beantwortung nicht nur den Fachmann, sondern auch den Laien in eminenter Weise interessieren. Ist es doch eine nicht abzuleugnende Thatsache, dass zu Beginn unseres jetzigen Jahrhunderts kaum eine so allgemeines Interesse und so rege Teilnahme im großen Publikum erweckt, wie die Frage die Lenkbarkeit des Ballons betreffend.

Erstes Kapitel.

Geschichtliches. — Die Dimensions- und Gewichtsverhältnisse der bis jetzt gebauten lenkbaren Ballons mit Tabelle I und II. — Der lenkbare Luftballon von Giffard, Dupuy de Lôme, Haenlein, Baumgarten und Dr. Wölfert, Tissandier, Renard und Krebs, Schwarz, Zeppelin, Santos Dumont, Deutsch.

Geschichtliches.

Als im Jahre 1783 Montgolfier und unmittelbar nach ihm Charles unter der gerechten Bewunderung ihrer Zeitgenossen mit Ballons in das Reich der Lüfte stiegen, erfasste allgemeiner Jubel ihre Mitbürger und alles träumte von einer nahen Zeit, in welcher der Mensch, dem Vogel gleich, nach Belieben durch den Äther werde ziehen können. Ein Vorschlag jagte den andern. Bei der Preisausschreibung der Akademie von Lyon konkurrierten schon ein Jahr später allein 96 Bewerber. Die allgemeine Begeisterung ließ Ideen über Ideen reifen, Geldmittel standen in Hülle zur Verfügung! Es war die Zeit der großen politischen und sozialen Umwälzungen. Alles gährte in den Geistern, doch, noch war die Lokomotive unerfunden (von Elektrotechnik nicht zu reden), lagen noch große Zweige der Physik und Chemie sehr im Argen! Die meisten technischen Errungenschaften, die jetzt Gemeingut aller geworden sind, entwickelten sich erst im Laufe des verflossenen Jahrhunderts. Es fehlten somit alle Vorbedingungen, um an die Frage der Lenkbarkeit mit Erfolg herantreten zu dürfen. Unter solchen Umständen war das Misslingen aller darauf bezüglichen Versuche eine Naturnotwendigkeit und wird heute jedem Eingeweihten erklärlich erscheinen.

Was nicht ausbleiben konnte, geschah: der Emotion folgte die Reaktion. Getäuscht und entmutigt zogen sich die Meisten von der Luftschiffahrt zurück. Das Interesse und mit ihm die Geldmittel versiegten und mitleidigen Auges wurde auf Jene geblickt, welche sich noch weiter mit der verloren gegebenen Sache befassten.

Und es gab doch noch Viele, die um jeden Preis das Problem der Lenkbarkeit zu lösen hofften — aber wie wenige unter ihnen waren dazu vermöge ihrer Bildung berufen! Zum berechtigten Misstrauen auf einen endlichen Erfolg trug wohl das Meiste die große Masse jener phantastischen Erfinder und Projektmacher bei, welche, unbekümmert um gründliche technische Vorbildung, all' ihren Phantasien die Zügel schießen

ließen und folgerichtig ein Fiasko um das andere ernteten. Die unsinnigsten Gebilde erblickten — Gott sei Dank meist nur auf dem Papier — das Tageslicht und wurden mit einer Hartnäckigkeit, wie sie eben nur ganz von ihren Ideen eingenommenen »Erfindern« zu eigen ist, verfochten. »Gott schütze mich vor meinen Freunden, mit meinen Feinden werde ich schon selber fertig werden« kann die Luftschiffahrtgeschichte besonders in dieser Epoche mit Recht von sich sagen.

Wer sich für dieses traurige Kapitel interessiert, der durchstöbere einmal die Akten unserer Luftschiffahrtvereine. Auch ist in Moedebeck's großem »Handbuch für Luftschiffahrt« Ausführlicheres über dieses Thema zu finden. Ferner nehme man sich das hübsche Büchlein von Tissandier, »La navigation aérienne«, Paris 1881, zur Hand und lese die Seiten 151 bis 254. Beide Werke enthalten auch recht gute Abbildungen; ebenso das schöne Buch von Tissandier, »Histoire des ballons et des aéronautes célèbres«, 2. Band.

Um nur einiges zu erwähnen, verweise ich auf den »Aérostat dirigeable« de Blanchard (1789) und den der Dijoner Akademie, welche mit Rudern bewegt werden sollten, den ersten länglichen Ballon der Gebrüder Robert (1784); den mit Segel und Fallschirm ausgestatteten Ballon von Martyn, den von Guyot; das vier Kugelballons tragende Luftschiff von Pétin (1850) und Renou-Grave, den »Fliegenden Fisch« von Camille Vert (1859), den Aërostat von Delamarne (1865) u. v. a.[4]).

Es ist ein Wunder, dass sich bei diesem Stande der Dinge noch Männer von tiefem Wissen und ernstem Denken fanden, die trotz alledem nicht verzweifelten und mit unermüdlicher Energie an die Lösung der offenen Frage schritten, — freilich verging mehr als ein halbes Säkulum, ehe die ersten erfolgreichen Resultate erzielt wurden.

Ich übergehe die Vorschläge, mit Segel und Rudern den Ballon lenkbar zu machen und alle die ins Endlose sich erstreckenden schon totgeboren Ideen, und will hier nur solche Versuche chronologisch aufführen. die auf wissenschaftlicher Basis aufgebaut und somit als Vorläufer künftiger lenkbarer Luftfahrzeuge anzusehen sind.

Als erstes derartiges Projekt muss das von Giffard 1852 entworfene angesehen werden. General Meusnier projektierte wohl schon im Jahre 1784 einen lenkbaren Ballon, welcher mit einem Ballonet, d. i. einer kleinen Innenblase zur Erhaltung der Form, ausgestattet war,[5]) aber dieses Projekt wurde nie ausgeführt und konnte es zu damaliger Zeit auch nicht werden. Nach Giffard, der 1855 einen zweiten größeren lenkbaren Ballon fertig stellte, machte sich Dupuy de Lôme 1870—72 an die Erbauung eines solchen, dann folgte fast gleichzeitig Haenlein in Wien, dann 1883/84 Tissandier in Paris und endlich als mit dem bisher größten Erfolge Renard und Krebs 1884/85 in Meudon. Nun tritt eine längere Pause ein. Die Franzosen, so Yon u. a. arbeiteten noch, aber wieder ohne Erfolg, an der Lenkbarmachung. Ende der neunziger Jahre wurde in Deutschland der Frage energisch näher getreten. Das Projekt von Wölfert, dann der

Aluminiumballon des Österreichers Schwarz und endlich das große Luftschiff von Zeppelin wurden sämtlich in Deutschland ausgeführt. In diesem Jahre wurden wieder in Paris eine Reihe Versuche von Santos Dumont, diesen Plan betreffend, unternommen, und auch Renard, Deutsch und andere Franzosen befassen sich praktisch mit dem Probleme, so dass in kürzerer Zeit neue interessante Versuche auf diesem Gebiet zu erwarten sind.

In den nachstehenden Zeilen sind alle jene thatsächlich ausgeführten Ballons, die unseres speziellen Studiums wert erscheinen, in kurzer systematischer Weise besprochen. Zuerst kommen — in stets gleicher Reihenfolge, um eine leichte, schnelle Vergleichung zu ermöglichen — die einzelnen Ballonbestandteile, dann die Auffahrten und Quellen und zum Schluss je ein kleines Resumé. Lebhaft bedauere ich das Nichtvorhandensein von Konstruktionsplänen, die uns ein näheres Eingehen in ihr Wesen gestatten würden.[5a])

Nicht unerwähnt möchte ich die schon mehrfach vorgeschlagenen Parallelballons lassen. Im »Génie civil« schlugen in den Jahren 1877 und 1884 Duroy de Bruignac und früher schon Popper (1875) solche zur Ausführung vor. Es handelt sich um zwei nebeneinander situierte Luftballons, zwischen denen sich eine Längswelle mit mehreren weit hintereinander stehenden Schraubenpropellern befindet. Popper projektierte eine kommunizierende Verbindung beider Ballons. Es ist aber schwer, zwei ganz gleich tragfähige Ballons herzustellen, auch ist die Hülle beider Ballons stets schwerer als die eines einzigen von dem gleichen Volumen.

Ich selbst habe einige Projekte in dieser Hinsicht entworfen, bin aber von der Ausführung vorerst zurückgekommen. Im verflossenen Jahre wurde im Modell ein solcher Parallelballon von Rozé, »Aviateur« genannt, in Argenteuil bei Paris ausgeführt. Siehe darüber in »Reform« 1901 und das Juniheft 1901 von »L'Aérophile«, p. 146—151.[6])

Die Dimensions- und Gewichtsverhältnisse der bisherigen »lenkbaren Ballons« mit Tabelle I und II.

Wer in irgend einer technischen Disziplin schöpferisch etwas leisten will, muss das schon Dagewesene gründlich kennen lernen, sonst gerät er unwillkürlich in die Versuchung des Nacherfindens und begiebt sich des Vorteils, die Erfahrungen Anderer auf diesem Gebiete auszunützen. Einbuße an Zeit, Geld und Arbeitskraft rächen das Versäumnis.

Ballons, welche lenkbar sein sollten, wurden schon massenhaft projektiert und gebaut — solche, die es, wenn auch nur in geringem Maße waren, beschränken sich auf die oben angeführte Zahl. Diese allein werde ich daher einer vergleichenden Besprechung unterziehen.

Über die einschlägigen Dimensionsverhältnisse, soweit ich sie erhalten konnte, giebt die Tabelle I Auskunft. Ein näheres Eingehen auf ihren Inhalt lehrt folgendes.



Ta

Zusammenstellung der bis nun bekannt gewordenen hauptsächlichst

Name des Konstrukteurs.	Ballon											
	d	lg	$\frac{d}{lg}$	F_{max}	ζ	F	O	V	Ballonet	Tragkraft d. i. freier Auftrieb	Auftrieb	Spezifisches Gewicht des tragenden Gases γ und Füllungsgas
	m	m	.	qm	.	qm	qm	cbm	cbm	kg	kg	kg
Giffard	12	44	$\frac{1}{3,66}$	113	$\frac{1}{4,8}$	23 5	?	2500	fehlte nach Lénicollais	950	1800	gefüllt mit 1800 H und 900 cbm Leuchtgas
Giffard	10 12 ?	70 72 ?	$\frac{1}{7}$	78	?	?	?	3200	?	?	2240	.
Dupuy de Lôme	14,84	36,1	$\frac{1}{2,43}$	172,96	$\frac{1}{4}$	43,2	1225 (170)	3454	vorhanden 346 = $^1/_{10}$ V	?	3800 bei aufgeblasenen Ballonet 2990	H
Haenlein . . .	9,2	50,4	$\frac{1}{5,5}$	66,4	?	14 8	1145	2408	vorhanden	852	2630	45
Tissandier . .	9,2	28,0	$\frac{1}{3}$	66	?	14.5	? 500	1060	vorhanden	396	1240	H
Renard-Krebs	8,4	50,42	$\frac{1}{6}$	55,4	$\frac{1}{6}$	9,2	?	1864	vorhanden	413	2000	H
Yon	10	60	$\frac{1}{6}$	78	$\frac{1}{5}$	15 6	1450	2900	500	?	3200	H
Wölfert . . .	10	34	$\frac{1}{3,4}$	78,5	?	?	739	1456	30	?	1753	Leuchtgas
Wölfert . . .	8,5	28	$\frac{1}{3,4}$	56,7	?	?	?	875	fehlte	70	770 ?	H
Nach Angaben von Modeb. **Schwarz** . . . nach Gross.	12 14 13,5	47,5 41	$\frac{1}{3,8}$	132	$\frac{1}{6}$?	? 22	? 1800	3697 3250	?	1 Mann und 130 kg	3250 3560 3300	1,03 H
Zeppelin . . .	11,65	128	$\frac{1}{11}$	102,8	$\frac{1}{7}$?	? 15,2	Cylindrischer Teil: 4088 Spitzen 792 zusammen: 4880	der cylindrische Teil: 10513 die beiden Spitzen: 1864 12377	fehlte	?	?	H
Santos Dumont I.	3,5	25	$\frac{1}{7}$	9,6	?	?	? 400	180	25	20	198	H
Derselbe II.	3,8	25	?	11,3	?	?	?	200	vorhanden	?	?	H
Derselbe III.	7,0	20	$\frac{1}{3}$	38,4	?	?	? 300	500	fehlte	110	350	Leuchtgas
Derselbe IV.	5,6	29	$\frac{1}{5}$	24.6	?	?	? 550	420	vorhanden	?	?	?
Derselbe V.	5,0	34	$\frac{1}{5}$	21.6 ?	?	?	? 600	550	»	?	?	?
Derselbe VI.	6,0	33	$\frac{1}{5,5}$	?	?	?	?	622	60	?	?	?

ɔ I.

:mensionsverhältnisse thatsächlich ausgeführter lenkbarer Ballons.[7])

Gondel				Motor					Schrauben					
Breite	Höhe	Länge der Tragstange (Quille)	Entfernung d. unt. Gondelrandes vom Ballon, v. d. Tragstange, Ballonachse	$\frac{N_e}{N_i}$	Wirkungsgrad	Auf 1 N kommen vom Deplacement	Auf 100 qm kommen N	Art des Motors	Anzahl	d_1	Steigung	Flügelzahl	Umdrehungszahl	Auffahrtsjahr
m	m	m	m	N	%	cbm	.	.	i	m	m	i	n	
?	?	20	6 / 15	1 / 3	33	830	2,7	Dampf a = 3 mit C und Spiritus	1	3,5	?	3	110	1852
?	?	?	?	?	?	?	?	Dampf	1	?	?	?	?	1855
1,75	1,25	?	0 / 20	1 / 3	33 ?	3800 (?)	0,9	8 Männer	1	9,0	8	4	21—25—27	1872
?	2,5—4,5	30	5 / 10 (12)	2 / 3,6	3	680	5,5	Lenoir Gasmaschine	1	4,6	6	4	90—180	1872
1,7	2,8	3,5	4 / 10,5	1 / 1,5	33	700	1,2	Bichromatelemente Simenssche Dynamo	1	2,9		2	60—120	1883 1884
1,3	1,9	?	?	3,4 / 9,0	44	200	16,2	Elektrisch	1	6,5 / 7	?	2	40—46	1884 1885
2,0	1,1	33	13 / 21	?	?	?	?	?	1	11	11	2	70	1886
8	1 resp. 2,3	?	?	7,2 ? / 12	?	120	?	Elektrisch	2	3,5	19?	3	?	1887
?	?	fehlt	?	? / 8	?	110	14	Daimler Gasmotor	eine bezw. 2	2,5	?	2	500	1896
? 1,1	? 1,3	fehlt	1 / 11,5 4,5 ?	12 / 16	?	230	12	Daimler Motor	3 resp. 4	2,0 2,75	?	2	480	1897
Stück und ein Laufsteg 1,5	1,0	fehlt	0 / 9,8 ?	32 / 29,4		150	29	Daimler Motor	4	1,25 / 1,15 3/4 Flügel	19? 33?	3 / 4	1100 1300	1900
?	?	?	12	? / 3		60	31	Dion Bouton M	1	0,8		2		1898
?	?	?	8	? / 1		200 (?)	8,8	ditto	1	0,8		2		1899
?	?	9	7,5	? / 3		100	7,8	ditto	1	0,8		2	?	1899
?	?	9,4	.	9,4	?	26	38	Buchet M.	1	1	.	?	800	1901
0,9	0,75	.	.	16	?	34	[illegible]	ditto	1	1	.	?	[illegible]	1901
0,9	0,75	.		16	16	[illegible]	?	ditto	1	4	.		[illegible]	1901

Die Durchmesser aller bis nun gebauten und einer Beachtung überhaupt werten lenkbaren Luftballons schwanken zwischen 8 und 15 m (Renard-Krebs, Dupuy de Lôme). Die Größen der Querschnitte variieren von 55 (Renard) bis 173 qm (Dupuy de Lôme). Das Verhältnis von Durchmesser zur Ballonlänge beträgt bei den älteren Ballons $^1/_3$—$^1/_7$ und wird bei Zeppelin $^1/_{11}$ *). Eine Ausnahme machte der Ballon von Santos Dumont, deren erstere Typen ganz exceptionell kleine Dimensionen aufweisen, deren letztere aber schon in größeren Verhältnissen ausgeführt wurden. Er trägt nur einen Menschen von 50 kg. Obwohl ich sein Reussieren bei schwachem Winde keineswegs für ausgeschlossen halte, lasse ich ihn aus meinem Kalkül, weil er, ein Seelentränker unter den Schiffen, doch nur als ein aëronautisches Modell betrachtet werden kann, das in seinen jetzigen Dimensionen und Ausgestaltungen niemals lange Fahrten unternehmen wird.[7a])

Die Länge der Ballons ist viel erheblicheren Schwankungen unterworfen und zwar von 28—128 m (Tissandier — Zeppelin). Dementsprechend variieren auch die Oberflächen von etwa 500 qm (Tissandier) bis 4300 qm (Zeppelin) und die Volumina von 1060 (Tissandier) bis 3454 (Dupuy) und 11300 cbm (Zeppelin).

Nur der Ballon von Giffard war teilweise, Haenlein's Ballon ganz mit Leuchtgas gefüllt, alle anderen aber ausschließlich mit Wasserstoffgas, als dem tragfähigsten der Traggase.

Alle Luftschiffe, mit Ausnahme des Haenlein'schen und des Zeppelin'schen, besitzen nur eine Gondel, deren Größen mit Ausnahme der Renard'schen alle sehr bescheidene Dimensionen aufweisen.

Was die zur Verfügung stehende motorische Leistungsfähigkeit anbelangt, so ist der absoluten Zahl nach jedenfalls das Zeppelin'sche Luftschiff allen bis jetzt gebauten lenkbaren Ballons weit überlegen, denn es verfügte Giffard nur über 3, Tissandier über 1,5, Dupuy de Lôme über 2, Haenlein über 3,6, Renard und Krebs über 8,5 und Schwarz über 12 Pferdestärken, gegenüber Zeppelin, der 32 effektive Pferdestärken für die Fortbewegung seines Ballons ausnützt.

Will man die motorischen Arbeiten miteinander vergleichen, so darf man dies aber nicht bezüglich ihrer absoluten Größe thun, sondern jenen Anteil der Arbeit betrachten, der auf 1 qm Widerstandsfläche entfällt oder auf 1 Tonne Deplacement. Im ersten Falle bemerken wir ein fast stetes Wachsen von 1,2 (Tissandier) bis 29 (Zeppelin); im letzten Falle in großen Zügen ein kontinuierliches Abnehmen von 3800 (Dupuy) bis 295 (Schwarz), also fast immer einen Fortschritt, d. h. man bestrebt sich heute,

*) Bei den Unterseeboten, welche sich gleich Luftschiffen nur in einem Medium bewegen, hat man die Erfahrung gemacht, dass dieser Koëffizient die Stabilität im umgekehrten Verhältnisse zu seiner Größe günstig beeinflusst — d. h. je kürzer die Unterseeboote sind, desto stabiler erweisen sie sich unter sonst gleichen Umständen.

die lenkbaren Luftschiffe immer mehr und mehr mit stärkeren Motoren auszurüsten.

Bezüglich der Zahl der Schrauben verfügen nur Zeppelin (4) und Schwarz (3 resp. 4) über mehr als eine. Die Durchmesser der Schrauben differieren sehr gewaltig von einander. Die kleinsten weist Zeppelin mit 1,15 m, die größten Dupuy de Lôme mit 9 m auf. Dagegen ist die Tourenzahl bei Zeppelin sehr groß, 1100 gegen 21 bei Dupuy de Lôme. Die Umfangsgeschwindigkeit beträgt bei Giffard etwa 18, bei Renard-Krebs 22, bei Zeppelin 55—64 m pro Sekunde. Die Flügelzahl schwankt zwischen 2—4 Stück.

Auf die Gewichte übergehend ergiebt die Berechnung, dass auf einen Kubikmeter Traggas etwa 0,573 (bei Haenlein) bis 1,07 kg (bei Renard-Krebs) vom Gesamtgewichte des Ballons entfallen.

Das Hüllengewicht betrug 19—25% des Gesamtgewichtes (Tissandier, Renard), dürfte bei Zeppelin aber selbst 60% und mehr erreicht haben.

Zum Gesamttraggerüstegewicht rechne ich die Gewichte des Steuermechanismus, der Fundamente, Tragstangen, Verankerung, Gondel etc. Das Gesamttraggerüstegewicht beträgt in Prozenten des Gesamtgewichtes etwa 15—28 (Tissandier, Dupuy-Giffard). Leider sind vom Schwarz'schen Luftschiff trotz vieler Mühe fast gar keine Daten zu erlangen gewesen.

Eine nicht sehr stark differierende Größe weist das Gewicht der Motoren in Prozenten des Gesamtgewichtes auf, nämlich 35—42 (Tissandier, Giffard).

Was endlich die erreichte Eigengeschwindigkeit der Ballons anbelangt, so variiert sie zwischen 2 und 9 m, wenn man den letzten Wert für das Zeppelin'sche Luftschiff gelten lassen will. Bezüglich der Manövrierfähigkeit hat das Renard'sche Luftschiff die besten Proben abgelegt. —

Auf den Ausgangspunkt sind nur drei, und zwar Renard-Krebs fünfmal, Zeppelin einmal und Santos Dumont wiederholt, zurückgekommen.

Das teuerste Luftschiff war das Zeppelin'sche, dann folgt dem Preise nach das Renard'sche.

Endlich sei noch erwähnt, dass keines dieser Luftschiffe länger als eine Stunde incontinuo gefahren ist, und dass der Zeit nach auf 5 bis 7 Jahre ein beachtenswertes Luftschiff kommt![7b])

Die Tabelle II giebt eine Zusammenstellung der absoluten Einzelgewichte bis jetzt gebauter lenkbarer Ballons, ferner deren Prozente auf das absolute Gesamtgewicht bezogen und die später erläuterten relativen Ballon-, Hüllen-, Gerüst-, Motoren- und Nutzgewichte. Ich habe die Daten nach bestem Wissen und Gewissen zusammengestellt, weise aber darauf hin, dass sich hier viele Lücken vorfinden, die auszufüllen leider nicht mehr möglich sind. Man möchte bei vielen mehr erfahren, aber die Geschichte schweigt darüber, daher auch der später auftretende Berichterstatter.

Tabelle II.

Zusammenstellung der relativen **Einzelgewichte** bis nun gebauter **lenkbarer Ballons;** ferner deren °/₀ auf das absolute Gesamtgewicht bezogen und die **relativen** Ballon-, Hüllen-, Motoren-, Gerüst-, Nutz-**Gewichte.** [7c])

Gewichte	Giffard	Dupuy de Lôme	Haenlein	Tissandier	Renard u. Krebs	Yon	Schwarz	Zeppelin
Rel. Ballon-Gesamtgewicht	·724	1,100	·578	1,164	1,070	1,096	?	0,95
Volumen cbm	2500	3454	2408	1060	1864	2900	3697	12 000
Oberfläche qm	?	1225	1145	930 ?	?	1450	?	4 880
Gesamtgewicht	1810	3800	1406	1240	2000	3200	3560	11 400
Hülle mit Ventil und Appendix	320	570	350	170	369	?	?	2 005
Netz (Aluminiumgerüste)	150	180	146	70	127	?	?	4,650
Gewicht von 1 qm Oberfläche der completen Hülle	·34	·61	·475	27	·22 ?	1,1	?	1·33
Gesamt-Hüllengewicht in °/₀ vom Gesamtgewicht	25,8	19,0	35,2	19,37	24,8	17,2	?	58,3
Gesamt-Hüllengewicht	470	750	496	240	496	550 ?	?	6,655
Rel. Ballon-Hüllengewicht	·188	·218	·206	·222	·265	·188 ?	?	5·554
Tragstange, Quille	300	135	?	?	?	?	.	.
Gondel	?	585	124	100	?	250	?	660
Fundamente und Gondelinventar	140	60	?	?	?	?	?	.
Stoßpuffer unter der Gondel	?	.	27	?	?	?	?	.
Steuer	?	14	38	?	46	?	?	95
Seilrolle und diverse Eisenteile	?	.	25	?	?	?	?	.
Anker	?	30	?	?	(40)	?	?	.
Anker- und Schlepptaue	80	110	?	50	452	?	?	.
Seitliche Gestänge, Laufgerüste etc.	?	.	7	31	?	?	?	175
Hauptrahmen etc.	?	.	105	?	?	?	?	230
Gesamt-Traggerüstegewicht in °/₀ vom Gesamtgewicht	28,7	24	23,8	14,8	24,9	7,8	?	10,1
Gesamt-Traggerüstegewicht	520	934	336	184	498	250 ?	?	1 160
Rel. Ballon-Traggerüstegewicht	·208	·282	·131	·178	·267	·076	?	0,096
Maschinenfundament	280	.	37	?	?	?	?	80
Kessel	100	.	?	?	.	?	?	.
Batterie	?	.	40	(225)	(135,5)	?	?	.
Maschine (Dynamo)	50	.	233	(48)	(98)	?	?	.
Bedienungsmannschaft	70	1050	?	150	140	?	?	400
Kühler, Ventilator etc.	?	50	110	?	?	?	?	} 480
Wasser	260	.	75	?	?	?	?	}
Motor compl.	?	.	?	280	611	?	505	1 060
Schrauben etc.	?	154	79	?	41	?	?	350
Gesamt-Motorengewicht in °/₀ vom Gesamtgewicht	42,0	30	40,8	34,7	39,6	50,0	?	29,8
Gesamt-Motorengewicht	760	1254	574	430	792	1600	?	2 370
Rel. Ballon-Motorengewicht	·304	·363	·236	·405	·424	·552	?	0,197
Passagiere	?	.	?	?	?	?	1	.
Auftrieb	10	.	?	?	?	400	? ?	?
Frachten und Briefe	?	275	?	?	?	?	?	15
Ballast	50	600	?	386	214	?	130	1 200
Bagage, Lebensmittel	?	98	?	?	?	?	?	.
Instrumente	?	23	?	?	?	400	?	.
Gesamt-Lastgewicht in °/₀ des Gesamtgewichts	3,3	28	?	31,2	10,7	25,0	?	10:6
Gesamt-Nutzgewicht	60	996	?	386,0	214	800	?	1 215
Rel. Ballon-Nutzgewicht	·024	288	?	·364	·114	·278	?	0,101

Giffard, 1852.

$l = 44$ m, $F_{max} = 113$ qm, $N = 3$,
$d = 12$ m, $V = 2500$ cbm.

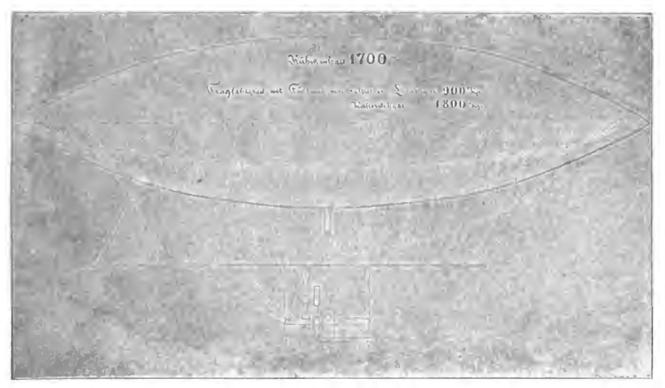


Fig. 1. Giffard's erster Ballon.

Ventile und **Appendix.** Ventil unbekannt.

Hülle. Form eines Rotationskörpers (Zigarrenform); der zweite Giffardballon ist der größte bis jetzt aus einer einzigen Hülle erbaute lenkbare Ballon. Hatte kein Ballonet.

Füllung mit Leuchtgas von 650 g Auftrieb als mittleren Wert angenommen.

Netz. Die Ausläufer des Netzes vereinigen sich in eine Anzahl Taue, die an einer horizontalen Querstange befestigt sind.

Verbindungsteil. Bildet eine horizontale Querstange (quille) von 20 m Länge, an deren Ende das Steuer befestigt ist. — An der Querstange hängt die Gondel und ist das Netz befestigt. Entfernung des Gondelbodens von der Tragstange (Quille) 6 m.

Gondel. Material: Holz. Gondel ist 6 m unterhalb der Querstange von 4 Tauen gehalten, besteht aus einem hölzernen Gerüste, welches in der Mitte mit Pfosten belegt ist. Gondel ruht auf nach allen Seiten beweglichen Rädern.

Motor. Auspuffdampfmaschine. Kessel mit Innenfeuerung, ohne Röhren, außen von Blechwandungen umgeben, durch welche die Verbrennungsgase in den nach unten zu mündenden Schornstein entweichen. Blasrohrwirkung. Koksheizung auf einem rings von einem Aschenbehälter

umgebenen Roste. Dampfcylinder vertikal stehend. 3 P.S. Wasserpumpe war vorhanden. Zu beiden Seiten des Motors war je ein Behälter für Feuerungsmaterial und Wasser angebracht.

Beim zweiten Ballon war der Motor stärker.

Schraube. Gegen die Nabe zu ohne Schraubenblatt.

Steuer. Dreieckig. Auf der einen Seite an der horizontalen Stange, auf der anderen am letzten vom Netze herablaufenden Taue scharnierartig befestigt. Das Steuer ist durch zwei Seile von der Gondel aus zu stellen.

Landungsvorrichtung. Gondel ruhte auf Rädern. Das verdunstete Wasser ersetzte den Ballast.

Als den Erfinder des ersten lenkbaren Luftballons sehen wir mit vollem Rechte Giffard an, den genialen Ingenieur, Erfinder des Injektors und späteren Millionär, der für Luftschifffahrtszwecke ein bedeutendes Legat hinterlassen hat. Sein Ballon hatte schon die längliche Form (die übrigens auch die Gebrüder Roberts zu Ende des 18. Jahrhunderts angewendet hatten) und einen Dampfmotor mit Schraube und Steuer, also alle die Grundelemente eines lenkbaren Ballons bis auf unsere Tage. Er erkannte schon, dass in den größeren Dimensionen das Geheimnis der Lenkbarkeit liege — aber die damalige Motorenindustrie baute noch sehr schwere Motoren — es war nicht möglich, den richtigen Gedanken auch konsequent durchzuführen. Giffard wandte damals schon eine 20 m lange Tragstange, welche das Netz am Ballon fixieren half und ordnete ein dreieckiges Steuer an. Auch die Propellerschraube ist von ihm sehr sinnreich konstruiert. Tiefe centrale Aufhängung der Gondel, in der die schwere Maschine sich befand, verlieh dem Ballon eine große Stabilität. Das Verhältnis von Länge und Ballondurchmesser war ein sehr günstiges. Die Schraube wirkte tief unter dem Systemschwerpunkte liegend, was Drehmomente hervorrief, die motorische Kraft war zu schwach, die erforderliche Widerstandsarbeit zu liefern. Eine für praktische Zwecke verwertbare Geschwindigkeit konnte nicht erreicht werden. Aber immerhin machte Giffard einen sehr beachtenswerten Anfang und steht sein Wirken in der Geschichte der Aëronautik mit goldenen Lettern verzeichnet. Nach drei Jahren stieg Giffard mit einem neuen, diesmal viel größeren Ballon auf. Er war, wie der erste, spindelförmig, hatte aber eine Länge von 72 m bei einem Durchmesser von 12 m. Die Stange, der Spindelform angepasst, lief mit dem Netz verbunden gewissermaßen als Rückgrat dem Äquator des Ballons entlang. Die Auslaufleinen verbanden die vier Ecken des sehr tief unter dem Ballon hängenden Gondelgestells mit dem Netzwerk. Über Veränderungen an der Maschine verlautet nichts näheres. Aus der Zeichnung ist indes ersichtlich, dass der Schornstein diesmal nach oben gerichtet war und nur einen kurzen rechtwinkeligen Ansatz hatte. Auch dieser Ballon zeigte sich bei der Fahrt, die Giffard mit dem Luftschiffer Gabriel Yon zusammen unternahm, vollkommen stabil. Als er indes landen wollte, glitt das nur durch die Schwere der daranhängenden Last auf dem Ballon haftende Netz mit Gondel und Maschine herab. Nur

der geringen Höhe, in welcher sich die kühnen Luftschiffer gerade in diesem Momente über dem Erdboden befanden, hatten sie ihr ferneres Dasein zu verdanken. Der Ballon zerplatzte und die Maschine war durch den Fall zerstört.[8])

Bei der Auffahrt wehte stärkerer Wind. Man schätzt die erreichte Eigengeschwindigkeit des Ballons auf 2—3 m. Die größte erreichte Höhe betrug 1800 m.

1. Auffahrt 24. September 1852 vom Hippodrom aus. Landung bei Trappes.

2. Auffahrt im Jahre 1855, dabei rutschte die Hülle aus dem Netz. Abfahrt von Courcelles.

Diese Misserfolge schreckten eine Zeit lang von weiteren Unternehmungen ab, bis der deutsch-französische Krieg die Luftschiffahrt zu neuem Leben erweckte.

Quellen: Tissandier, »La navigation aérienne«, Paris 1886.

Dupuy de Lôme, 1872.

$l = 36{,}2$ m, $F_{max} = 172{,}96$ qm, $N = 3$,
$d = 14{,}84$ m. $V = 3454$ cbm.

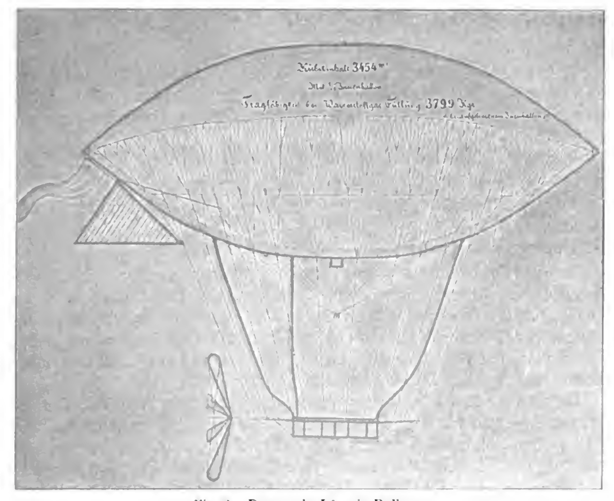


Fig. 2. Dupuy de Lôme's Ballon.

Ventil und **Appendix.** Zwei Ventile vorhanden. Die Zugleinen derselben gingen durch die beiden unten zugebundenen Appendixe (pendantifs). Der

dritte mittlere Appendix stellte die Verbindung zwischen Ballonet und dem Ventilator her.

Hülle. Aus Seide. 7 Kautschuklagen und Nansuck.

Füllung. Ballonet wurde von der Gondel aus mit Ventilator aufgeblasen.

Netz. Das Netzhemd ist ein Stoffüberwurf, an dem sich in der Höhe des Äquators die Auslaufleinen ansetzen. Der tiefer gelegene Saum dieser Decke war noch einmal mit Auslaufleinen besetzt, die ein inneres (Balancier) Netz bildeten, indem sie tangential vom Ballon herablaufend sich alle erst in einem Punkte schnitten und dann von diesem nach der Gondel herabliefen. Durch diese doppelte Aufhängung sollte eine Verschiebung der Gondel bei der eintretenden Motorwirkung vermieden werden.

Auf das Netzhemd wurden noch seidene Bänder aufgenäht, die bis zu den Rändern der Gondel herabliefen. Der Rand selbst wurde mit einem Saume versehen, in welchen Bambusstangen eingenäht wurden. An diesen Stangen waren Auslaufleinen befestigt und zwar stets an Punkten, wo ein Band des Netzhemdes herablief.

Alle besonders beanspruchten Nähte hatten Winkelnahten, so dass die Stichreihen die Figuren von Rhomben darstellten.

Gondel. Bestand aus Weiden, war für die damalige Zeit lang und gut versteift.

Motor. Acht Matrosen drehten die Schraube. Über ihr Gewicht finden sich nirgends Angaben. Dupuy nimmt ihre Arbeitsleistung offenbar viel zu niedrig mit 60 kg an, sie dürften das Doppelte dieses Betrages geleistet haben.[9])

Schraube. War auffallend tief unter dem Deplacementschwerpunkt situiert und rückwärts angebracht.

Steuer. Rückwärts in Dreieckform angebracht, dicht unterhalb des Ballons.

Landungsvorrichtung. Vorne ein Schiffsanker.

Dupuy de Lôme, ein sehr begabter Marine-Ingenieur, erhielt vom französischen Kriegsministerium den Auftrag, ein Luftschiff (Fig. 2) zu bauen, um den Verkehr des cernierten Paris mit dem Lande zu unterhalten. Er bedurfte aber erst einiger Zeit, um sich in das ihm bisher fremd gewesene Gebiet einzuleben, so dass erst im Jahre 1872 mit vielen Kosten der Bau des Luftschiffes vollendet werden konnte.

Dupuy de Lôme führte eine eigenartige Netzkonstruktion ein, das sogenannte Netzhemd. Der Ballon hatte einen Stoffüberwurf, an welchen sich in der Höhe des Äquators die Auslaufleinen ansetzten, die zur Aufhängung der Gondel dienten. Der tieferliegende Saum dieser Decke war noch einmal mit Auslaufleinen besetzt, die ein inneres sogenanntes Balanciernetz bildeten, indem sie tangential vom Ballon herablaufend sich alle erst in einem Punkte schnitten und dann von diesem nach der Gondel herabliefen.

Hierdurch sollte eine Verschiebung der Gondel bei der eintretenden Motorenwirkung vermieden werden. Das ebenfalls dreieckige Steuer war unmittelbar am Ballon angebracht und wurde unten durch eine horizontale 6 m lange drehbare Stange gehalten. Zwei Leinen zum Manövrieren liefen über Rollen in die Gondel zum Platz des Steuermannes herab. In der Gondel befand sich außer dem Ventilator zum Aufblasen des Ballonets, dem Ballonzubehör u. s. w. noch Platz zur Aufnahme von 14 Menschen. Von diesen drehten acht Personen die Welle der Propellerschraube. Die Achse derselben war, um Beschädigungen bei der Landung zu verhüten, zum Aufklappen eingerichtet. Die Füllung dieses Ballons nahm drei Tage in Anspruch. Alles in allem genommen sind die Fortschritte, welche die Aëronautik aus dem Bau dieses Ballons gesammelt hat, nicht groß.

Die Mühe, welche sich Dupuy de Lôme um das Gelingen der Sache gegeben hatte, verdient aber volle Anerkennung. Der Aërostat war auf Grund eingehendster mathematischer Berechnungen konstruiert worden. Freilich hatte der Erbauer sich vordem niemals mit Luftschifffahrt beschäftigt, sonst hätte er der Geschwindigkeit der Luftströmungen sicherlich mehr Beachtung geschenkt und den Versuch, den Ballon zu lenken, nicht mit so unzulänglichen Mitteln unternommen. Bei Dupuy arbeiteten die acht Mann mit ungefähr drei Pferdestärken, der Widerstand betrug etwa 30 kg, die erreichte Geschwindigkeit 2,8 Sekundenmeter, daher die Nutzarbeit etwas über 1 P.S. betrug, der Wirkungsgrad war also beiläufig 33 %. Dupuy rechnete auch mit einem Reduktionskoëffizienten von $^1/_{30}$, was für einzelne Wasserschiffe angezeigt erscheint, bei Ballons aber nicht annähernd erreicht wird. Der Reduktionskoëffizient betrug bei seinem Ballon nur etwa $^1/_4$.[10])

Am 30. 1. 1872 begann die Füllung des auf Fort Neuf bei Vincennes untergebrachten Aërostaten. Der Wasserstoff wurde in 40 Tonnen in drei Tagen (so lange nahm auch die Füllung in Anspruch) entwickelt. Die Auffahrt leitete Gabriel Yon. Der Ballon stieg 5—600 m. Der Wind hatte 12—17 m Geschwindigkeit, die des Ballons betrug nach Manometermessungen 2,3—2,8 m.

Dupuy de Lôme behauptet, eine Ablenkung von der Windrichtung um 10° erreicht zu haben. Um 3^h landete er bei Montécourt unweit Nagon. Das Material wurde versteigert.

Dupuy de Lôme nahm folgende Reduktionskoëffizienten an: Ballon ohne Netz = $^1/_{30}$, Schiff, Insassen, Appendix = $^1/_5$, schwache Netzleinen = $^1/_2$, starke Taue = $^1/_3$. Bei $27^1/_2$ Schraubenumdrehungen erreichte der Ballon eine Geschwindigkeit von 2,82 m bei einer Arbeit von 60 mkg. Die Oberfläche des Ballonets hatte 170 qm.

Quellen. Note sur l'Aérostat à Hélice construit pour le compte de l'état par M. Dupuy de Lôme. Paris 1872. Mémoires de l'Académie des sciences, Tome XL.

Haenlein, 1873.

$l = 50{,}4$ m, $F_{max} = 67{,}4$ qm, $N = 3{,}6$,
$d = 9{,}2$ m $V = 2408$ cbm.

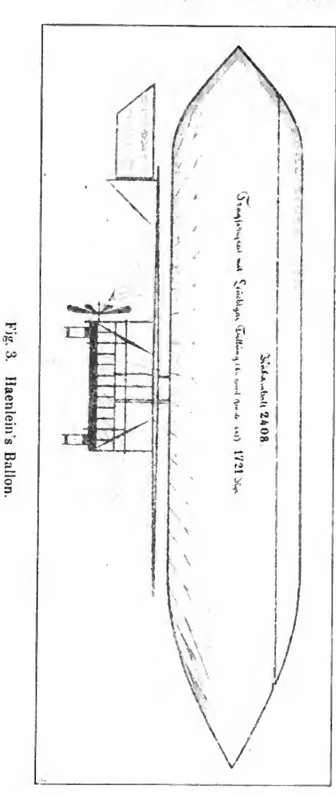


Fig. 3. Haenlein's Ballon.

Ventil. Der Ballon hatte ein Einlass-, ein Gasauslassventil und noch zwei Sicherheitsventile, die sich bei 5 mm Wasserdruck öffneten.

Hülle. Die Hülle bestand aus Langspittel, die zur Zigarrenform zusammengenäht wurden. Die Ballonform näherte sich in der Mitte der cylindrischen, die vorne und rückwärts in eine Spitze ausläuft. Die Teile kann man angenähert als Kegel betrachten. Der Kegel war vorne spitzer. Bei Berechnung nahm man an: 0,5 der Ballonlänge sei cylindrisch, 0,2 derselben betrage die Höhe des rückwärtigen, 0,3 die Höhe des vorderen Kegels. Seidenstoff war innen mit einer stärkeren, außen mit einer schwächeren Schichte Kautschuk überzogen. Nähte waren innen und außen mit gummirten 3 cm breiten Streifen gasdicht gemacht.

Füllung. Ein kleiner innerer Ballon zum Prallhalten der Form war vorhanden, sobald das Gas entweicht oder atmosphärische Einflüsse sich geltend machen. (Von Haenlein patentiert, ohne Meusnier's Projekt [1784] zu kennen, von Dupuy de Lôme aber zuerst angewendet.)

Netz. Ballon mit einem Netz, dessen Maschen 10 cm Seitenlänge hatten, umspannt. An jeder dieser Maschen war eine 2 m lange Schnur befestigt, von denen je 12 Stück sich zu einer Schlinge vereinigten. Im

ganzen waren 60 solcher Schlingen angebracht; von jeder Schlinge ging eine stärkere Leine nach der Gondel, die an ein starkes Querholz unter derselben befestigt war. Die rückwärtigen Schnüre gingen nicht direkt zur Gondel, sondern vereinigten sich an einem starken, 4,8 m langen Querbalken, um der Schraube den nötigen Spielraum zu gewähren. Alle Schnüre trafen den Ballon tangential. Die vorderen und hinteren Schnüre übten auf die Gondel einen horizontalen Zug aus, der durch weitere unter der Gondel diagonal auslaufende Schnüre aufgehoben werden soll.

Verbindungsteil. 5 m unter der Ballonachse war ein 30 m langer und 4 m breiter Rahmen derart angebracht, dass die Auslaufleinen des Netzes den Rahmen tangierten und an ihm befestigt waren. Der Rahmen sollte eine fixe Verbindung der Gondel mit dem Ballon ermöglichen. An ihm war das Steuerruder mit einem 2,5 m langen Querpfosten und einer 6,5 m langen Seitenstrebe befestigt. Die vier ca. 4 m langen Streben reichten mit ihrem unteren Ende an die Gondel und fixierten so deren Lage. Alle Bestandteile waren aus weichem Holze nach Art der Fischbauchträger konstruiert. Die vier je 20 m langen Längsbalken waren alle 30 cm durch Querverbindungen (Kreuze und Ringe) zusammengehalten.



Gondel. Aus weichem Holze konstruiert. Bestand aus zwei gitterartigen (nach Art der Fischbauchträger gebauten) Längsträgern, einem Hauptträger für die Maschine und einem zweiten leichteren Querträger. Die Kühler bildeten noch die Längsverstrebungen für die Gondel. Die Längsträger waren alle 30 cm durch Querverbindungen (Kreuze und Ringe) zusammengehalten. Die ersten Projekte wiesen mehrere Gondeln auf.

Motor. Lenoir'sche Gasmaschine, vier horizontale gegenüberliegende, aus Rotguss gefertigte Cylinder, auf einer gemeinschaftlichen Kurbelachse angreifend. Schieber aus Messing. Rahmen und Lager aus Stahl, Cylinder mit Wasserkühlung versehen. Pumpen werden durch den Excenter der Einlassschieber bewegt. Cylinderdurchmesser 16 cm, Hub 24 cm, Kolbengeschwindigkeit (bei $n = 90$) 0,72 m. Effektive Pferdestärke aller vier Cylinder 3—6 P.S. Die Kühler laufen zu beiden Seiten der Gondel und bestehen aus äußeren Holzrahmen, die mit wasserdichtem Stoffe überzogen waren. Kühlwasserverbrauch 10—12 kg per Stunde. Gasverbrauch 6,5 bis 7 cbm per Stunde.

Schraube. Griffithform, Flügelarme aus Holz, Rotgussnabe. Flügel bestanden aus dünnem Eisenblech, mit den Armen durch eiserne Sprossen verbunden.

Steuer. Viereckig und vertikal am rückwärtigen Ende des Traggerüstes angebracht.

Landungsvorrichtung. Auf der vorderen und rückwärtigen Seite der Gondel befanden sich aus spanischem Rohre konstruierte Stoßpuffer.

»Der Ballon von Haenlein ist«, wie Moedebeck sagt, »als der Vorläufer des Renard'schen anzusehen«. Haenlein gab seinem Aërostaten die Körperform, die er durch Rotation der im Wasser befindlichen Kiellinie eines Schiffes erhielt. Sie weist dadurch im ersten Drittel ihrer Länge von der Spitze aus

ihren größten Querschnitt auf und verjüngt sich von hier aus wieder nach dem Ende zu. Er suchte ferner die Gondel, welche als Träger des Motors diente, möglichst nahe an den Ballon heranzubringen und durch Vermittelung des seine Längsachse versteifenden Rahmens so fest mit ihm zu verbinden, dass jegliche Verschiebung unmöglich wurde.

Statt einer Gondel wurden (Haenlein hat mehrere Entwürfe gemacht) zwei bis drei angebracht und diese untereinander zu einem die Längsachse gleichzeitig versteifenden Gestell verbunden. Hierdurch kann der Rahmen in Fortfall kommen, die Last wird durch das lange Gondelgestell auf den ganzen Ballon gleichmäßig verteilt.

Die einfache innere Luftblase ersetzte er durch eine besondere innere Luftsackkonstruktion in der Art, dass die Gondeln eigentlich von kugelförmigen Gaskörpern getragen wurden.

Die Hülle kostete 17000 fl. Bankier Oppenheimer finanzierte die Sache. Versuche über Ballondichtigkeit wurden in Rennersdorf und Wien angestellt.

Für die Unterbringung des Ballons wurde ein Holzschuppen in Wiener-Neustadt gebaut, den ein heftiger Sturm umwarf. Nachdem man im Winter dort kein Leuchtgas mehr bekommen konnte, wurden die Versuche in Brünn gemacht. Das dortige Leuchtgas war aber um 0,05 kg per cbm schwerer als das im ersteren Orte. Man füllte erst eigens erzeugtes leichtes Leuchtgas ein; dabei bekam der Ballon einen Riss. Nachdem kein leichtes Gas mehr vorhanden war, füllte man gewöhnliches Leuchtgas und verringerte die Last. Durch Zurücklassen des Kühlers stieg der Ballon von Soldaten an Schnüren gehalten, am 13. Dezember hoch. Bei $n = 70$ bekam der Ballon eine so rasche Bewegung in seiner Achsrichtung, dass ihm die Soldaten kaum folgen konnten. Am 14. wurden die Versuche fortgesetzt. Freigeflogen ist der Ballon nicht. In Mainz ließ Haenlein einen Modellballon mit 4 m Geschwindigkeit fliegen. Der Haenlein'sche Ballon ist sehr hübsch durchdacht und konstruktiv gut durchgeführt.[11])

Wenn man erwägt, dass der Haenlein'sche Ballon nur mit Leuchtgas gefüllt und mit einer schweren Maschine versehen, schon relativ so gute Resultate zu liefern versprach, so drängt sich unwillkürlich der Gedanke auf, was dieser Ballon bei Wasserstoffgasfüllung und bei Mitnahme so leichter Motoren, wie solche sind, über die wir heute verfügen, hätte leisten können. Dieser Gedankengang ist die Ursache meiner eingehenderen Studien über lenkbare Ballons.

Quellen: »Protokoll und Bericht über die Plenarversammlung des Consortiums zur Erbauung eines Luftschiffes abgehalten in Wien am 17. Februar 1873«.

»Bericht über das von einem Wiener Konsortium erbaute Luftschiff und die damit angestellten Versuche«.

Zeitschrift für Luftschifffahrt 1882, p. 46—57 und 79—89.

Zeitschrift für Luftschifffahrt 1885, Bd. IV. »Ein funktionierendes Modell eines lenkbaren Luftschiffes«, p. 19—22.

Baumgarten und Wölfert 1883—1896.

Projektierten und bauten mehrere kleine Ballons.

Ventil. Hatten oben kein Ventil, sondern nur unten.

Hülle. Wölfert baute mehrere kleine Ballons von meist ellipsoidaler Form aus gefirnisstem Percal.

Füllung. Ballonet keines vorhanden. Füllung mit selbsterzeugtem Wasserstoffgas.

Netz. Weitmaschig.

Verbindungsteil fehlt. Gondel direkt unter dem Ballon, mit Stricken, welche durch den Ballon gehen, verbunden.

Gondel. Aus Fichtenholzstäben, Bambus und Stricken erzeugt.

Motor. Daimler-Motor mit 3,5 bis 8 P.S.



Fig. 4. Dr. Wölfert in seinem Ballonkorb.

Schraube. Eine Antrieb- und eine Hubschraube aus Holzgerippe und Stoff vorhanden. Letztere wurde nicht in Funktion gesetzt.

Steuer. Ein Vertikalsteuer mit Holzrahmen und Stoffbekleidung.

Landungsvorrichtung. Mit Hilfe der Horizontalschraube gedacht.

Mit dem Jahre 1879 begann Baumgarten bei Leipzig seine Versuche (s. Moedebeck, »Handbuch der Luftschiffahrt« I, p. 129, Figur 30 und 31 und Zeitschrift für Luftschifffahrt I, p. 145 und 287). Seine Idee war, ein Luftschiff schwerer als die Luft zu schaffen, welches sich durch

Hubschrauben erheben und durch seitwärts angebrachte dreiflügelige Wendeflügel in der Horizontalen bewegen sollte. Eine innige Verbindung zwischen Ballon und Gondel stellte er in der Weise her, dass er an der Unterseite des Ballons zwei Stoffstreifen befestigte, durch welche zwei entsprechende Stangen durchgesteckt werden, welche ihrerseits mit der Gondel, deren Bild die Figur 4 mit Dr. Wölfert giebt, durch Klammern fest verbunden werden. Die den Ballon tragenden Seile gingen durch diesen hindurch. Die Versuche 1880 in Leipzig hatten einen beinahe gefährlichen Ausgang. Baumgarten stieg durch Zufall in einem Ballon mit drei Gondeln allein auf; er befand sich in einer der äußeren; der Ballon war dadurch in seinem Gleichgewichte gestört, stellte sich aufrecht, platzte und kam sehr schnell mit Baumgarten wieder herunter, der glücklicherweise keinen Schaden nahm. Die Versuche wurden 1881 bei Chemnitz, 1882 in der Flora zu Charlottenburg fortgesetzt. Nach Baumgarten's Tode suchte Dr. Wölfert das Prinzip zu vervollkommnen. Wölfert's Ballon hatte eine ellipsoidale Form, innere starre Verbindung von Ballon und Gondel, einen eigenen Vortrieb und eine eigene Hubschraube. (Auf eine solche hatte Haenlein schon 1865 ein Patent genommen).

Sein Ballon »Deutschland«, mit dem er zur Zeit der Berliner Gewerbe-Ausstellung 1896 auffuhr, fasste 875 Kubikmeter und soll 8 m per Sek. Geschwindigkeit erreicht haben. Das Füllgas war sehr verunreinigt. Wölfert ist ein wahrer Märtyrer der Luftschifffahrt zu nennen. Abgesehen davon, dass er bei seinem achten Aufstieg am 12. Juni 1897 mit seinem Begleiter durch den Absturz mit dem durch den Gasmotor entzündeten, brennenden Ballon den Tod fand, kämpfte er, ohne tiefere theoretische Vorkenntnisse zu besitzen, mit hunderterlei Schwierigkeiten, teils finanzieller, teils technischer Natur, denen er nicht gewachsen war.

Er baute mehrere kleine Ballons,[12]) die mit 3 bis 8 pferdestarken Daimlermotoren betrieben worden sind und stieg mit ihnen in Berlin, Augsburg, Cannstadt, Ulm, London, Wien und anderen Orten auf, opferte Vermögen und schließlich sein Leben, seinen Ideen und verunglückte am 12./6. 1897 bei Schöneberg. Vom Motor stieg eine Flamme zum Ballon und brachte ihn zur Explosion. Dr. Wölfert und Knabe fielen als verkohlte Leichen zur Erde. Alle seine Ballons waren zu klein und unzulänglich ausgerüstet. Aus seinem Leben sollen wir die wohl zu beherzigende Lehre ziehen, nicht ohne reichliche Mittel auf dem Gebiete der Luftschifffahrt zu experimentieren.

Quellen: Zeitschrift für Luftschiffahrt, Band XVI, p. 242.

Illustrierte aëronautische Mitteilungen, Band I, p. 2. Original-Mitteilung von Dr. Wölfert.

Mehrere in meinem Besitze befindliche Original-Manuskripte.

Tissandier, 1885.

$l = 28$ m, $F_{max} = 66$ qm, $N = 1{,}5$,
$d = 9{,}2$ m, $V = 1060$ cbm.

Ventil. Appendix war während der Fahrt mit einer aus Goldschlägerhaut gebildeten und von Gummischnüren gehaltenen Klappe geschlossen.

Hülle. Als Ballonstoff wurde gefirnisster Percal verwendet. Automatisches Appendixventil.

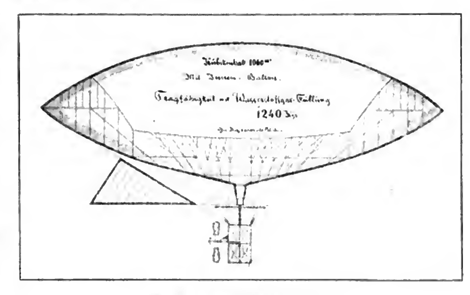


Fig. 5. Tissandier's Ballon.

Zur Ballonversteifung war eine meridionale Schiene aus Bambusstäben und Nussbaumlatten hergestellt, die den Ballon als horizontalen Ring umgab.

Füllung. 1 cbm lieferte 1,18 kg Steigkraft. Die Füllung nahm $6^1/_2$ Stunden in Anspruch.

Netz. Ballon war von einem Tücher- und Netzwerk umsponnen, dessen Längsstreifen aus dünnen, untereinander mit seidenen Verbindungsschnüren befestigten Bambusstäben bestanden. Das Netz hatte 20 Auslaufleinen, von denen je fünf sich wieder vereinigten, so dass die Gondel an vier Seiten aufgehängt war.

Verbindungsteil. Tragstange (quille) vorhanden.

Gondel. Aus Bambusstäben und Kupferdraht zusammengefügter flacher Korb. Boden aus Nussbaumholz gezimmert, mit einer Kautschukdecke belegt. Verwendete als eine elastische Versteifung eine dünne Nussbaumleiste mit zwei daraufgesetzten halbdurchschnittenen Bambusstäben und diese zusammen gut mit Bändern bewickelt.

Motor. Siemens'sche Dynamomaschine und Batterie von Bichromat-Elementen. Ein Element wog 7,8 kg. Der galvanische Becher hatte sehr große Flächen und kleinen Widerstand. Der Motor lieferte 1 P.S. bei $n = 1200$—1400, $\eta = 55\%$, der Strom betrug dabei 45 Ampère und 40 Volt. Waren hintereinander 12 Elemente geschaltet, so war ein Zug der Schraube bei $n = 120$ von 7 kg zu konstatieren, bei 24 Elementen und $n = 180$ war der Zug 12 kg. Die elektrische Batterie enthielt 24 Trouod'sche Kalibichromat-Elemente in 4 Abteilungen. Jedes Element besaß in einem Hartgummitroge 10 Zinkplatten zwischen 11 Kohlenplatten und fasste 4 Liter Flüssigkeit, ein Element wog 7—8 kg. Die Batterie konnte $2^1/_2$ Stunden

wirksam bleiben. Der ganze Motor wog 275 kg und leistete 100 kg per Stunde mit 55% Nutzeffekt.

Schraube. Schraube war von Tatin konstruiert. Zweiflügelig. Radnabe aus Metall und hohl; durch dieselbe gingen zwei Längsachsen aus gut getrocknetem Tannenholz, welche als Stützen für vier nach der Mitte der Flügel führende Latten dienten. Die äußersten Randleisten der Flügel bestanden aus dünnen Palmenzweigen. Die mit Lack durchtränkter Seide überzogenen Flügel wurden durch dünne, stählerne Federn auseinandergehalten. Übersetzungsverhältnis vom Motor zur Schraube: 1:10. Schraubenachse war von dem Ballon 10 m entfernt. Schraube hatte an der Nabe kein Schraubenblatt.

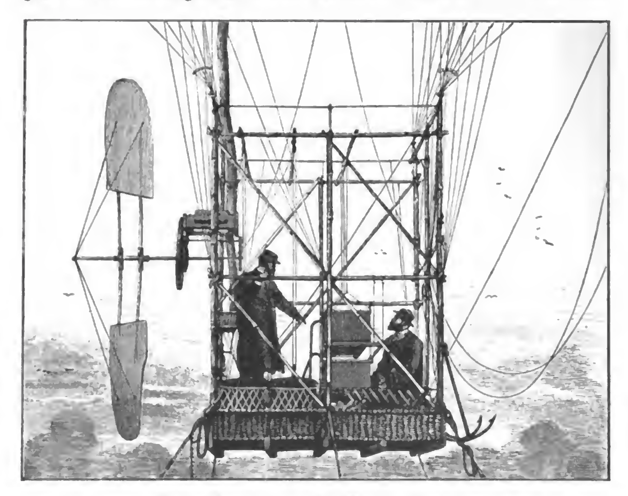


Fig. 6. Gondel des Luftschiffes von Tissandier.

Steuer. Dreieckig wie bei Giffard, in Form eines zwischen zwei Bambusstäben ausgespannten großen seidenen Segels. — 1884 war es aus zwei Teilen gefertigt; der eine war fest und bildete den Kiel des Aërostaten, der andere das eigentliche Steuerruder und blieb beweglich.

Landungsvorrichtung. Kleiner Anker.

Der Tissandier-Ballon ist eine ziemlich getreue, nur in den Dimensionen bescheidener gehaltene Kopie des Giffard'schen Luftschiffes. Er wählt statt einer Dampfmaschine eine kleine Siemens'sche Dynamomaschine, die durch eine Batterie bewegt wurde, welche eine zweiflügelige

Schraube in Rotation versetzte. Am unteren Teile saß ein konischer Sack, der in den Appendixschlauch auslief. Die Versteifung besorgte ein aus zwei Teilen bestehender biegsamer Äquator aus Nussbaum und Bambus. Zur Verteilung der Last und zur größeren Widerstandsfähigkeit des Ballonstoffes gegen den inneren Gasdruck war er mit einem einfachen Netzhemde umgeben. Die Auslaufleinen desselben liefen nach den vier Ecken der aus Bambus gefertigten käfigförmigen Gondel aus (wie bei Giffard's interessanter Konstruktion und aus der Fig. 6 zu ersehen ist). Als Steuer diente ein dreieckiges Segel, welches am Netzwerk und an einem den Ring gewöhnlicher Ballons vertretenden Rahmen befestigt war. [13])

Auf der Pariser internationalen Elektrizitäts-Ausstellung war das Modell eines länglichen, mit einem kleinen dynamo-elektrischen Motor und einer Schiffsschraube versehenen Ballons ausgestellt. Der eigentliche Motor von Trouvé wog nur 220 g und setzte eine zweiflügelige Schraube von $d = 80$ cm in Bewegung. Die Elektrizitätsquelle bestand aus zwei kleinen sekundären Elementen von nur 1 kg (Planté-Akkumulatoren). Der Ballon erreichte eine Geschwindigkeit von $v = 3$ m.

Erste Auffahrt am 8. Oktober 1883. Füllung von 8 Uhr früh bis 3 Uhr nachmittags. Leichter Süd-Ost-Wind, in 500 m Höhe 3 m. Albert Tissandier als aërostatischer, Gaston Tissandier als aëronautischer Führer. — Bei Einschalten von 24 Elementen konnte man sehr langsam gegen den Wind fahren. Fahrtdauer 30 Minuten. Abstieg 4 Uhr 35 Minuten nachmittags bei Croissy sur Seine auf einer Seine-Insel. Steuer funktionierte gut. Auffahrt von der Avenue de Versailles aus.

Am 26. September 1884 machten die Gebrüder Tissandier einen zweiten Versuch mit ihrem verbesserten Ballon. Die Verbesserung bestand darin, dass sie unten am Hinterteil des Ballons einen festen Keil angesetzt hatten, an welchem das über die Ballonspitze hinausragende, straffgezogene Steuersegel in Angeln drehbar befestigt war. Die Zugleinen liefen nach einem auf der Gondeldecke angebrachten Sitz für den Steuermann hin. Ferner verwendten sie eine stärkere, konzentrierte Säurelösung, mit welcher sie eine effektive Arbeit von 112,5 kg, also $1^1/_2$ Pferdestärken bei 190 Umdrehungen der Schraube erreichen wollten. Die damit erreichte Geschwindigkeit soll 4 m betragen haben. Die Landung ging in Marolles-en-Brie, Canton de Boissy-Saint-Léger, 25 km von der Auffahrtstelle vor sich.

Quellen: »Le spectateur militaire« 1885, »Le Ballon Électrique de Meudon par de Fonvielle«.

G. Tissandier, »Les Ballons dirigeables«, Paris 1885.

Zeitschrift für Luftschiffer 1882, Band I, p. 177—181.

Elektrotechnische Rundschau 1885, p. 2—7, und »Lumière électrique« ist der Motor auch näher beschrieben.

Tissandier: »Histoire des Ballons et des Aéronautes célèbres«, 2. Band, p. 138—144.

Renard-Krebs, 1883/5.

$l = 50{,}42$ m, $F_{max} = 55{,}4$ qm, $N = 9$,
$d = 8{,}4$ m, $V = 1864$ cbm.

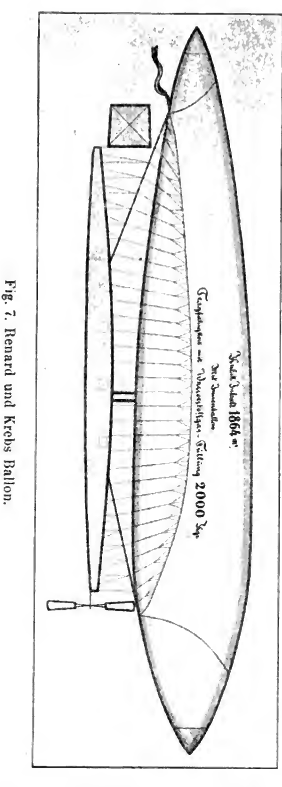


Fig. 7. Renard und Krebs Ballon.

Ventil. Verlautete nichts besonderes darüber.

Hülle. Fischform. Der Vorderteil hat größeren Durchmesser als der Hinterteil. Der Appendix führt bis in die Gondel.

Füllung. Ballonet war vorhanden, sein Schlauch führte in die Gondel zu einem Ventilator. Ballonet befand sich im Vorderteile und wurde von einem auf elektrischem Wege betriebenen Ventilator mit Luft gefüllt.

Netz. Der Ballon ist von einem Netzhemde bis auf den unteren Teil umgeben.

Verbindungsteil. Die Gondel ist an den Ballon mittelst einer Reihe sehr leichter Tragseile angehängt, die miteinander durch ein längsgehendes Seil verbunden sind, welches in der Mitte festgelegt, das System versteift. Gondel läuft nach beiden Seiten spitz zu.

Gondel. Hat drei kleine Seitenfenster, ist sehr leicht und zierlich aus vier starken Bambusrohren und Stahldrähten gebildet, durch Querverstrebungen miteinander verbunden, mit chinesischer Seide überspannt. Das Gerüste besteht aus einem »poutre americain«.

Motor. Dynamomaschine von 12 P.S., wirkte auf die Welle mit 8,5 P.S.

Schraube. Die Schraube besteht aus zwei Flügelflächen aus zwei Holzstäben gebildet, die unter sich durch Leisten verbunden werden, mit gefirnisster Seide überzogen. Die Schraube war vorn angebracht.

Steuer. Steuer war hinten und fast rechteckig aus Holzrahmen gemacht, beiderseits mit Seidenstoff überzogen. Die Seitenflächen bilden eine Art vierseitige Pyramide, welche sehr weit aus dem Rahmen hervortreten. Die längere parallele Seite bildet die Drehachse.

Landungsvorrichtung. Laufgewicht war in der Gondel vorhanden, desgleichen ein Anker und Schleppseil[14]).

Im Jahre 1884 versetzte die Welt die Nachricht, das lenkbare Luftschiff sei definitiv in Frankreich von Renard und Krebs erfunden, in Aufregung. Thatsächlich kehrte dieses Luftschiff (Fig. 7) unter sieben Auffahrten fünfmal wieder an seinen Abfahrtsort zurück.

Vor allem fällt die für die Durchschneidung der Luft sehr günstige Form des Aërostaten auf. Sie ist den schnell schwimmenden Fischen mit großem Geschick nachkonstruiert. Von einem Netzhemde überworfen und mit einer versteiften Spitze versehen, ist die Hülle fast ihrer ganzen Länge nach mit der langen Gondel derart verbunden, dass Drehmomente thunlichst vermieden

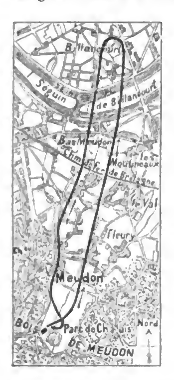


Fig. 9. Fahrtkurve der dritten Auffahrt des Renard-Krebs'schen Ballons.

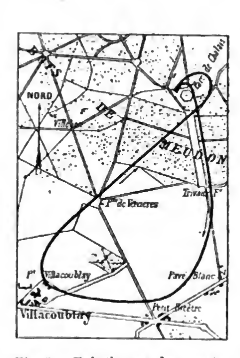


Fig. 8. Fahrtkurve der ersten Auffahrt des Renard-Krebs'schen Ballons.

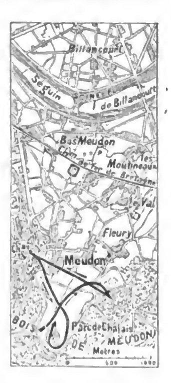


Fig. 10. Fahrtkurve der vierten Auffahrt des Renard-Krebs'schen Ballons.

werden. An der Spitze der Gondel schraubt sich der mit gekrümmter Leitlinie gebaute Propeller in die Luft. Seine Achse war zum Aufklappen eingerichtet und wurde von einer sehr leichten Dynamomaschine betrieben.

Das Vertikalsteuer ist rückwärts in rhombischer Segelform angebracht, und war in der Gestalt eines oktaëderähnlichen Körpers hergestellt. Ein einseitiges Aufbauschen durch den Wind kann bei dieser Einrichtung nicht vorkommen. Die Lenkung erfolgt durch zwei Zugleinen, welche wegen der geringen Breite der Gondel über zwei seitwärts wagerecht hervorstehende Balken gehen. Zur Erhaltung der Stabilität besitzt der Ballon ein Laufgewicht, welches hier das erste Mal angewendet erscheint. Das Hauptverdienst bei diesem Luftschiffe ist nicht so sehr in der Anwendung neuer Mittel, als vielmehr in der in geistreichster Weise vorgenommenen Durchbildung zum Teil schon vorhandener oder angedeuteter Ballon-

bestandteile zu suchen. Die Erbauer bewiesen ein vollkommen richtiges Verständnis für jene Momente, auf welche es beim Bau lenkbarer Luftschiffe besonders ankommt. Ich halte es für das zur Zeit noch beste Luftschiff, kann mich aber dem letzten Teile des Ausspruches eines unserer ersten Flugtechniker nicht anschließen, welcher lautet: »Wie gesagt, ist die Renard-Krebs'sche Ballonkonstruktion unter allen, welche bisher versucht wurden, die vollkommenste, und es lässt sich nicht denken, wie bei einer bestimmten Tragkraft ein noch geringeres Widerstandsverhältnis erzwungen werden könnte. Aber gerade diese höchste Vollkommenheit eröffnet eine trübe Aussicht für die Zukunft des Ballonwesens« (v. Loessl, »Der Luftwiderstand im allgemeinen etc.« Wien 1886).

Die erste Auffahrt mit diesem Ballon fand am 9. August 1884 statt; sie dauerte 25 Minuten und endete mit der Rückkehr der Luftschiffer zu ihrer Abfahrtsstelle. Über diese, das größte Aufsehen erregende Fahrt berichtete Kapitän Renard an die Akademie der Wissenschaften zu Paris: »Um 4 Uhr nachmittags, bei fast windstillem Wetter, stieg der freigelassene und wenig Steigkraft besitzende Aërostat langsam bis zur Höhe des umliegenden Plateaus. Die Maschine wurde in Bewegung gesetzt, und der Ballon beschleunigte unter ihrem Einflusse seinen Gang, indem er getreulich der geringsten Wendung des Steuers gehorchte. — Es wurde zunächst die Richtung von Norden nach Süden eingeschlagen, indem wir auf das Plateau von Chatillon nach Verrières lossteuerten; in der Höhe der Straße von Choisy nach Versailles angelangt, wurde, um nichts mit Bäumen zu thun zu bekommen, die Richtung geändert und das Vorderteil des Ballons nach Versailles zugewandt. Als wir uns oberhalb Villacoublay befanden, ungefähr 4 km von Chalais entfernt, und von der Art, wie sich der Ballon unterwegs betrug, ganz befriedigt waren, beschlossen wir, Kehrt zu machen und zu versuchen in Chalais selbst herunterzukommen, ungeachtet des geringen freien Raumes, welcher durch die Bäume gelassen ist. Der Ballon führte seine Wendung nach rechts unter einem sehr kleinen Winkel (ungefähr 11 Grad) mittelst des Steuers aus. Der Durchmesser des beschriebenen Kreisbogens betrug ungefähr 300 m.

»Indem der Invalidendom als Richtungspunkt angenommen wurde, blieb in diesem Momente Chalais ein wenig links liegen. In der Höhe dieses Punktes angelangt, vollführte der Ballon mit ebensolcher Leichtigkeit wie vorher eine Richtungsänderung nach links, und bald schwebte er 300 m hoch über seinem Abgangspunkte.

»Die Neigung zum Sinken, welche dem Ballon in diesem Momente innewohnte, zeigte sich nach dem Spiele des Ventils noch entschiedener. Während dieser Zeit musste die Maschine mehrmals vorwärts und wieder zurück arbeiten, um den Ballon über den zur Landung gewählten Punkt zu bringen. Als der Ballon 80 m hoch über dem Boden stand, wurde ein herabgelassenes Tau von Mannschaften ergriffen und der Aërostat auf den Rasenplatz geleitet, von welchem er abgefahren war.«

Eine zweite am 12. September desselben Jahres unternommene Fahrt

missglückte insofern, als die Maschine Schaden litt uud der Ballon vom Winde fortgetrieben wurde. Hingegen fielen die am 8. November gemachten zwei Auffahrten wieder sehr glücklich aus.

Am 8. November um 12½ Uhr stieg der Ballon von Meudon aus zum dritten Male auf (Fig. 9).

Über die Fahrt trug Hervé Mangon der Akademie der Wissenschaften folgendes vor: »Der Ballon wandte sich in schnurgerader Linie gegen Nordosten. Ein wenig oberhalb der Station Meudon ging er über die Eisenbahn hinweg und nachher über die beiden Arme der Seine, etwas unterhalb der Brücke von Billancourt. Oberhalb des Dorfes dieses Namens angekommen, ließen die Herren Renard und Krebs einen Augenblick die Schraube ruhen, um die Geschwindigkeit des Windes zu bestimmen. Auf diesem ersten Teile der Fahrt wehte der Wind mit 8 km Geschwindigkeit in der Stunde (2,2 m pro Sekunde). Das Luftschiff ging gegen die Luftströmung mit einer absoluten Geschwindigkeit von 23 km pro Stunde (6,4 m pro Sekunde), also in Wirklichkeit mit 15 km Geschwindigkeit (4,2 m pro Sekunde). Nachdem die Schraube wieder in Bewegung gesetzt worden war, wandte sich der Luftballon nach rechts und beschrieb oberhalb Billancourt einen Halbkreis von ungefähr 160 m Durchmesser; alsdann verfolgte er eine der ursprünglichen Flugbahn parallele Richtung und landete zuletzt auf dem Rasenplatze, von welchem er abgefahren war.«

Gegen 3 Uhr desselben Tages stieg der Ballon nochmals auf. Der Nebel, welcher die Gefilde bedeckte, gestattete kaum einen Kilometer weit zu sehen und ließ ein weiteres Entfernen nicht zu, da man sonst Gefahr lief, den Landungsplatz aus den Augen zu verlieren. Die Herren Renard und Krebs haben sich daher darauf beschränkt, im Umkreise der Werkstätten zahlreiche Bewegungen auszuführen. Sie fuhren hierbei gegen den Wind, mit seitlichem Winde und mit dem Winde im Rücken, bald ohne Schraubenbewegung sich treiben lassend, bald setzten sie die Schraube wieder in Bewegung, worauf sie sogleich den früheren Kurs wieder halten konnten. Nach 35 Minuten Versuchsfahrt stiegen sie wieder zum Abfahrtspunkte nieder.

Im Laufe des Jahres 1885 wurde der Ballon, nachdem er sich schon bewährt hatte, resp. viermal aufgefahren war, teilweise umgeändert und zwar besonders an Ventilator, Batterie, Stromwechsler und Steuer. Am 12./9. musste der Gramme'sche Ring außer Dienst gestellt werden. Am 8./11. wurde der Strom infolge des Bruches einer der Drahtbürsten in kurzem Kreise geschlossen. Auch die Bewegungsübertragung musste geändert werden, das Zahnrad war durch Bruch der Zähne und unsymmetrische Lagerung unbrauchbar geworden. Das ganze Getriebe wurde auf die Propellerachse aufgehängt und die Achse des Getriebes mit einer Muffe mit der Motorachse verbunden, welche dem Gangwerk (Train) eine Verschiebung gestattete (Art Cardanischer Aufhängung). Endlich wurde der Schmierung und Kühlung der Zapfen, die $n = 3500$ Touren machten, mehr Aufmerksamkeit gewidmet. Der Ballon verlor viel an Tragkraft durch Diffusion des Gases.

Nebenstehend folgt eine tabellarische Übersicht der mit dem Renard-Krebs'schen Ballon veranstalteten Fahrten.

Versuche	Datum	n	v	Übersicht der bewerkstelligten Auffahrten
1	9./8.1884	42	4,58	Rückkehr nach Chalais
2	12./9.1884	50	5,45	Störung der Maschine. Landung bei Vélisy
3	8./11.1884	55	6,00	Rückkehr nach Chalais
4	8./11.1884	35	3,82	» » »
5	25./8.1885	55	6,00	Wind stärker als v, Landung bei Villacoublay
6	22./9.1885	55	6,00	Rückkehr nach Chalais
7	23./9.1885	57	6,22	» » »

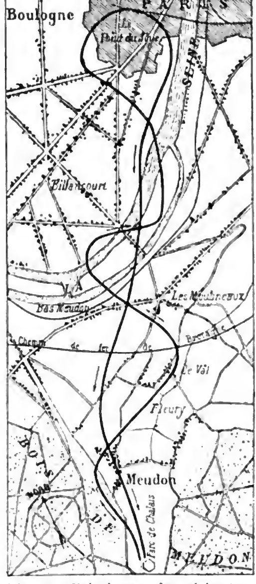


Fig. 11. Fahrtkurve der siebenten Auffahrt des Renard-Krebsschen Ballons.

1. Versuchsfahrt bei windstillem Wetter von Meudon bis Villacoublay und zurück, 7 km in 23 Minuten.

2. Versuch von 4.45 bis 4.55 nachmittags bei einer Windgeschwindigkeit von 5—6 m, welcher der Ballon nicht widerstehen konnte. Daher freiwillige Landung.

3. und 4. Fahrt am 18./11. 1884 um 12.15 und von 3—3.35 gelangen. Wendungsradius = 150 m. Stampfen des Ballons 3—4°.

5. Versuchsfahrt mit dem rekonstruierten Ballon misslang, weil der Wind stärker war, als die Eigengeschwindigkeit des Ballons.

6. und 7. Versuchsfahrt muss wieder als gelungen bezeichnet werden.[15])

Ich bin der Ansicht, dass der Renard-Krebs'sche Ballon noch zu klein war. Thatsächlich soll in Meudon auch ein größerer Ballon: »Meusnier« von 70 m Länge gebaut worden sein, aber es verlautete nichts über seinen Aufstieg. Vermutlich kamen die Versuche zu teuer. Auch traten jene Personen, welche sich für ihn so lebhaft interessierten (Gambetta) vom politischen Schauplatze ab und ohne »Kreuzer« nicht nur »keine Schweizer«[16]), sondern auch keine lenkbaren Ballons.

Quellen: »Bericht des Akademikers Hervé Mangon vom 18./8. und 10./11. 1884 in der französischen Akademie der Wissenschaften«. Bericht der Kapitäne Renard und Krebs vom 18./8. 1884 an die französische Akademie der Wissenschaften. Bericht von Tissandier über den 2. Versuch

vom 12./9. 1884. Bericht des Marine-Ingenieurs Lenicollais. Bericht des l'Aéronaut 1886. Zeitschrift des Vereins Deutscher Ingenieure. Zeitschrift für Luftschifffahrt, Band IV, p. 23—24; Band V, p. 22—27. Revue de l'Aéronautique 1890: Les piles légères du Ballon dirigeable »La France«, par Renard. Revue de l'Aéronautique, 1888, p. 42, von Renard. Capitän Renard, »Le Ballon dirigeable »La France««. Paris, Gauthier-Villars, 1886. Tissandier: »Histoire des Ballons et des Aéronautes célèbres«, p. 144—149. »Conférence sur la Navigation Aérienne faite par M. le Commandant Ch. Renard dans la séance publique annuelle du 8. Avril 1886«.

Schwarz, 1897.

$l =$ 47,5 m, $F_{max} =$ 132 qm, $N = 16$,
$d =$ 12/14 m, V = 3697 cbm.

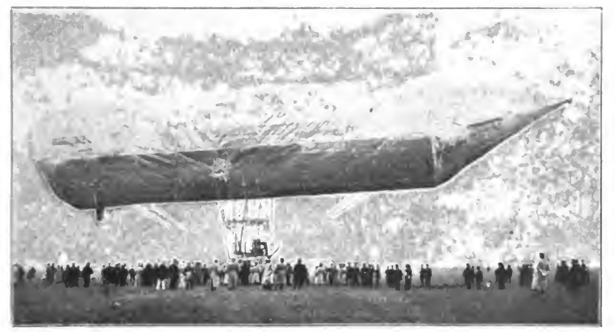


Fig. 12. Ansicht des Schwarz'schen Ballons bei dessen erstem und letztem Aufstiege am 3. November 1897.

Ventil. Tellerventil. Zwei Appendixe aus Ballonstoff in der Mitte, ein Appendix rückwärts.

Hülle. Aus 0,2 mm starkem Aluminiumblech, das auf eine Aluminium-Gitterröhrenkonstruktion von 16 cm Höhe aufgenietet war.

Maschenweite der Gitterträger 16 cm.

Der Ballonkörper war vorne etwa 35° zugespitzt, hinten tellerförmig abgeflacht. Sein Rumpf mag 36 m, seine Spitze 10 m gemessen haben. Der Rumpf war cylindrisch mit ellipsoidaler Basis.

Angaben aus Photographien nach Schätzung entnommen; genauere Daten sind nicht bekannt gemacht worden.

Füllung. Gefüllt mit Wasserstoffgas, bereitete vielfache Schwierigkeiten, geschah schließlich mit Hilfe von Füllsäcken.

Netz. Netz keines vorhanden. An dessen Stelle trat eine Aluminiumgitterkonstruktion, auf welcher außen Aluminiumblech angenietet war. Sie

bestand aus 12 Radial- und 16 Transversal-Hauptgitterträgern mit etwa 90 sekundären Transversalträgern.

Die Hauptradialträger waren 4 m, die Haupttransversalträger etwa 2,5 m



Fig. 13. Schwarz'scher Ballon, Ansicht der Gondel und ihrer Verbindung mit dem Ballon.

voneinander entfernt, sie bildeten das Innengerippe des Ballons und dienten den sekundären Trägern, die schwächer gehalten waren, zur Stütze.

Verbindungsteil. Die Gondel war unter der Ballonmitte situiert und starr mit dem Ballon verbunden und zwar seitlich mit je vier Aluminium-

gitterträgern, vertical durch Aluminiumfaçonstücke und nach vor- und rückwärts mit Aluminiumstangen, die durch Schraubenschlösser bezüglich ihrer Länge reguliert werden konnten.

Gondel. Die Gondel war durch zehn einfache Stäbe, die vertical standen und durch acht schiefgestellte Aluminiumgitterträger mit dem Ballongerippe verbunden. Sie war ganz aus Aluminiumblech gefertigt, lief vorne spitz zu und hatte einen flachen Boden.

Motor. Viercylindrischer Daimler-Motor mit Glührohrzündung; bei 480 Touren in der Minute leistete er effektiv 12 P.S. Benzinverbrauch pro 1 Stunde und Pferd ·42 kg. Motor soweit thunlich in Aluminium ausgeführt. Kraftübertragung auf die Schraubenwelle mit Daimler's patentiertem Antrieb und Reversiervorrichtung. Motor konnte in drei Minuten in Betrieb gesetzt werden. Zur Wasserkühlung diente ein besonderer Kühlapparat. Zwei cylindrische Gefäße wurden mittels vielen dünnen Röhren verbunden, welche mit Luft gekühlt wurden. In die obere Tube läuft das heiße Wasser, in die untere kommt es schon gekühlt und wird mit einer Pumpe wieder in die Kühlräume gepresst.

Schraube. Vier Schrauben vorhanden. Die beiden seitlich des Ballonkörpers angebrachten dienten zur Drehung des Ballons; die rückwärtige, zur Vorwärtsbewegung, war in der Mitte über der Gondel, maß 2,75 m und ließs ich auch mit ihrer Achse verschieben, wodurch die feinere Steuerung erfolgen sollte. Unter dem Gondelboden befand sich eine Horizontalschraube. Antrieb mit Riemen. Schrauben waren aus Aluminium gefertigt.

Steuerung. Die Vertikale sollte durch die Horizontalschraube, die in der Horizontalen durch die beiden 2 m Steuerschrauben bewirkt werden, feine Drehungen durch die große Antriebschraube.

Landungsvorrichtung. Mit Hilfe der Horizontalschraube.

Die beiden in den letzten Jahren im Deutschen Reiche erbauten Ballons und zwar die Ballons von Schwarz und von Zeppelin wurden unter dem Zeichen der Leichtigkeit des Aluminiums konstruiert. Der Schwarz'sche Ballon, von dessen Gondel und Verbindungsmechanismen die Fig. 13 ein Bild giebt, mit drei Vortrieb- und einer Hubschraube ausgestattet, litt an der Undichtigkeit der Aluminiumhülle und ging an der absoluten Starrheit seiner Konstruktion zu Grunde. Die Luft ist im höchsten Grade elastisch und nicht ungestraft darf sich ein leichter, massiver Körper ohne genügende Festigkeit oder ohne ähnliche Elastizität wie die Luft selbst in ihr Reich wagen. »Bist du nicht willig, so brauche ich Gewalt« gilt nicht in jenen Regionen, wo der leichtbeschwingte Adler der Natur ihre Geheimnisse instinktiv ablauscht. Da heißt es diesem Elemente eben auf andere Weise nahe kommen, indem man seine spezifischen Eigenschaften sich nutzbar macht.

Nur kurz will ich auf die im Längsschnitte wohl gar nicht entsprechende Form dieses Luftschiffes verweisen. Die rein kegelförmige Spitze und der tellerförmige rückwärtige Teil, sowie der durchweg cylindrische Rumpf waren vom aërodynamischen Standpunkt aus für den Luftabfluß nicht günstig gebaut, Fehler, die bei einer Neukonstruktion leicht zu vermeiden

sind. Es ist sehr bedauerlich, dass ein so interessant zu werdender Versuch ein so vorschnelles Ende gefunden hat; wieder ein tragisches Beispiel eines mit unzulänglichen Mitteln inscenierten Unternehmens.



Fig. 14. Der Schwarz'sche Aluminiumballon nach der Landung.

Auffahrt. Eine Person: Jagls fuhr auf. Wind war am Tage der Auffahrt etwa 5—7 m stark. Nach sehr kurzer Fahrt fielen die Treibriemen von den Scheiben ab und der Ballon legte dann vom Winde getrieben noch 6 km zurück und zerschellte schließlich auf der Erde zwischen Schöneberg und Wilmersdorf. Fabrikanten Rother und Berg finanzierten das Unternehmen, bei welchem der Materialwert 200000 ℳ betrug.

Die Fig. 14 zeigt den Schwarz'schen Ballon kurz nach seiner unfreiwilligen Landung.

Die Berichte in der Z. f. L. und in den illustrierten aëronautischen Mitteilungen stimmen in manchen Punkten nicht miteinander überein. Der eine Berichterstatter sagt: »Die Gasdichtigkeit war keine genügende, indem er in einer Nacht über 300 cbm Gas verlor«; der andere dagegen: »Der Gasverlust war trotz der vielen Nietstellen kaum ein nennenswerter.« Die Füllung war in $3^1/_2$ Stunden bewerkstelligt. Der Ballon stand zwei Jahre leer. Die 2,75 m große Schraube im Hinterteil des Luftschiffes war mit ihrer Achse verschiebbar, wodurch die feinere Steuerung besorgt werden sollte. Die zwei kleinen seitlichen Schrauben von 2 m Durchmesser sollten ein Wenden des Schiffes vermitteln. Eine Hubschraube befand sich unter dem Gondelboden, war jedoch beim Versuch abgenommen.[17])

Beim Abfluge stellten sich ziemlich starke Schwankungen ein.

Quellen. Zeitschr. f. Luftschiffahrt Bd. XVI, 1897, p. 291, von Groß.
Illust. aëron. Mitt. p. 18, 1898, von Moedebeck.
Mehrere in meinem Besitze befindliche Originalaufnahmen.

Zeppelin, 1900.

$l = 128$ m, $F_{max} = 110$ qm, $N = 32$,
$d = 11{,}6$ m, $V = 11\,000$ cbm.

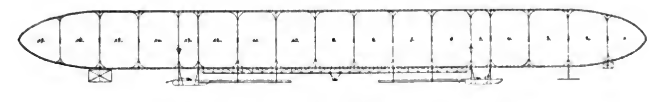


Fig. 15. Das Zeppelin'sche Luftschiff nach seiner Rekonstruktion im Oktober 1900.

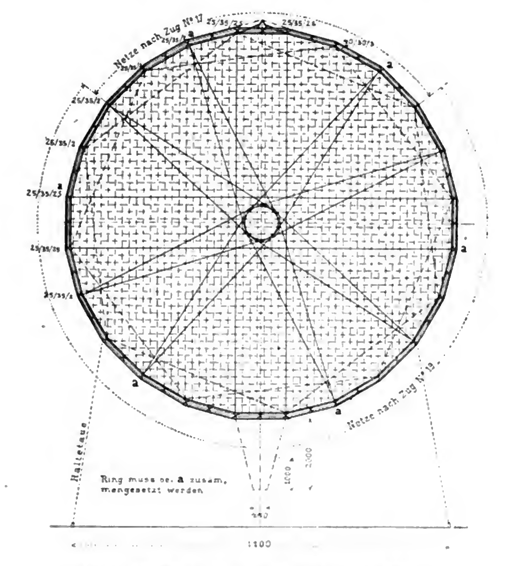


Fig. 16. Zeppelin's Ballon. Ansicht einer Querwand.

Ventil. Jeder der 17 selbständigen Ballons hatte ein metallenes Sicherheitsventil von $d = 66$ cm und 1,4 kg mit Membrane aus Paragummi. Manövrierventile zum Auslassen des Gases waren fünf vorhanden. Sie waren Tellerventile mit zentraler Führung, mit Federn geschlossen gehalten. Die Ventilleinen laufen durch Aluminiumröhren durch den Ballonkörper und werden über Rollen nach den Gondeln geführt. Jeder Ballon besitzt einen Appendix zum Füllen. Die Manövrierventile haben 70 mm Hub und $d = 400$ mm und lassen per Sekunde 4—5 cbm Gas hindurch.

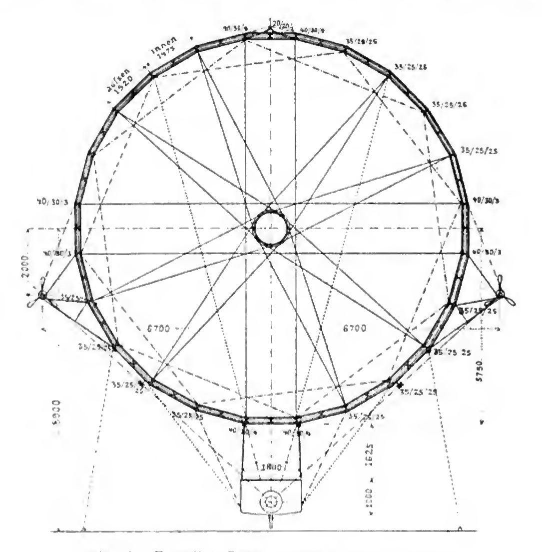


Fig. 17. Zeppelin's Ballon. Querschnitt mit Gondel.

Hülle. 17 Ballons aus einfachem gummierten Baumwollstoff, erst mit Konjaka und als dieses nicht entsprach, mit Ballonin gedichtet.

Vorne und rückwärts je zwei ogivale Spitzen. Der 5. und 13. Ballon waren je 4 m, alle anderen 8 m lang.

Die äußere um das Gitternetz geknüpfte Stoffhülle ist nicht gasdicht. Sie bezweckt nur den Schutz des eigentlichen Tragballons vor atmospärischen Einflüssen und Verringerung der Luftreibung. Die Unterseite ist aus wasserdurchlässiger Seide, die obere Seite aus wasserdichtem Pegamoid hergestellt.

1 qm Hülle wiegt 0,222 kg, das Gewicht einer 8 m langen Hülle beträgt 82 kg, die Oberfläche aller Gashüllen 7200 qm.

Füllung. Ballonets keine vorhanden. Füllung mit Wasserstoff, welcher im komprimierten Zustande aus Griesheim gebracht wurde. An einer Seite der Ballonhülle war ein Röhrensystem angebracht, welches nach außen zur Aufnahme des auf Pontons mit Gasflaschen herangebrachten Gases vier Verbrauchsrohre hatte, nach Innen zu einem großen Sammelrohr mit 17 Ausflussrohren führte. In jedem Ponton befanden sich 65 festgelagerte Flaschen à 5 cbm Gas haltend. Zur Füllung waren 20 Doppelpontons zu je 130 Flaschen, also 2600 Flaschen = 13000 cbm Gas vorhanden. Zur Überführung des Gases aus den Flaschen in das Röhrensystem der Ballonhülle waren acht für die Flaschensysteme konstruierte Sammelrohre vorgesehen.



Fig. 18. Zeppelin's Ballon. Ansicht einer Ballonspitze während der Montierung.

Nach Herstellung der Anschlüsse an das Füllsystem wurden die Zellen, und zwar immer die übersprungenen zuerst, mit 80—100 cbm gefüllt, so dass die Hülle samt Ventil gehoben wurde, dann erfolgte das gleiche Füllen der noch leeren Zellen. Nach Vollendung dieses ersten Füllstadiums hingen die Hüllen wie große Zwiebeln in den Abteilungen. Zur Beschleunigung dieser Prozedur wurden gewöhnlich 3—4 Zellen gleichzeitig gefüllt. Dieses erste Stadium dauerte ca. eine Stunde; es musste dabei



Fig. 19. Zeppelin's Ballon. Blick in das Innere des Aluminiumgittergerüstes.

besonders auf die richtige Lage der Ballons und der Ventile geachtet werden. Das zweite Stadium dauerte ca. 4 Stunden und umfasste die halbe Füllung des Ballons. Um Biegungen des Gerüstes zu vermeiden, musste eine Reihenfolge gewählt werden, welche den auf die einzelnen Zellen entfallenden Belastungen entsprach, man durfte daher nicht schablonenhaft vorgehen.



Fig. 20. Zeppelin's Ballon, Teilansicht.

Die Vollfüllung dauerte 3 Stunden. Die erste Füllung währte 14 Stunden, die zweite nur mehr 7 Stunden (11000 qm).

Netz. Das Gerippe des Ballonkörpers vertritt die Stelle des Netzes und ist eine aus Aluminiumgitterwerk hergestellte 24flächige Säule von 11,3 m innerem und von 11,65 m äußerem Durchmesser, die nach ihren beiden Enden ogival zuläuft. Die 24 Langgitter von 185 mm Gitterhöhe (oben und unten T-Träger), sind alle 80 cm durch Blechkreuze miteinander

verbunden und durch 16 Querwände in 17 Teile geteilt. Jede Querwand besteht aus einem etwa 1,2 m Durchmesser haltenden Ring, der durch Drahtseile und Ramiefaser zentriert erhalten wird. Außen sind die 8 (4) m langen und 1,5 m breiten Maschen durch viele diagonale Spanndrähte engmaschig gemacht. Innen und außen ist das Aluminiumgerippe mit einem engen Maschennetz aus Ramiefaser versehen, um den inneren Gasballons bzw. der äußeren Schutzhülle eine weiche Anlagefläche zu geben. Die äußere Schutzhülle ist angeknöpft, oben besteht sie aus Pegamoidleinwand und ist wasserundurchlässig, unten aus sehr leichter unpräparierter Seide (wasserdurchlässig).

Die Zwischenwand hat den Vorteil, die Wirkung der Insolation auf die Gasballons abzuschwächen.

Verbindungsteil. Die Gondeln waren miteinander bei der ersten Ausführung durch einen 50 m langen Laufsteg verbunden. Der Steg war seitlich verstrebt, 80 cm breit und bestand aus zwei parallellaufenden T-Trägern von etwa 12 cm Höhe mit 1 m voneinander abstehenden Diagonal- und Querverbindungen und durchlochtem Aluminiumblech als Boden. Eine Laufkatze mit etwa 1 m Radabstand und ca. 25 cm Höhe bewegte sich auf Rollen hin und her.

Nach der ersten Auffahrt wurde dieser Steg kassiert und an seine Stelle ein Aluminiumgitterträger gesetzt, wodurch eine bessere Versteifung platzgriff. Die Aluminiumgitterkonstruktion erstreckte sich aber nur von einer Gondel zur anderen, unter der 1,5 m breiten untersten Seite des 24-Eckes und war nur ca. 1 m hoch.

Gondel. 3 m unterhalb des Ballons und 32 m von jeder Spitze entfernt befinden sich zwei Aluminiumgondeln von pontonartigem Bau. Sie sind mit dem Ballongerüste durch vier Stangen und vier Streben starr verbunden und haben einen doppelten Boden. Ihre Länge betrug 6—7 m bei einer Breite von 1,8 m und 1 m Höhe. Sie wogen leer 220 kg.

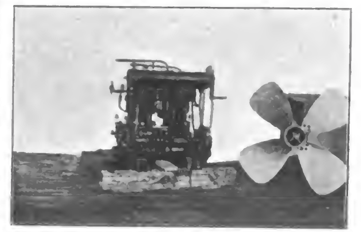


Fig. 21. Zeppelin's Luftschiff, Motor und Schraube

Motor. In jeder Gondel war ein viercylindrischer Daimler Benzinmotor situiert. Zündung elektrisch mit Magnetinduktor. Bei $n = 700$ erreicht er seine Maximalleistung von 16 P.S. Das Kühlwasser läuft in einem am Laufsteg entlang gelegten Schlangenrohr mit großen Abkühlungsflanschen. Eine Zentrifugalpumpe erhält das Wasser im Kreislauf, so daß es fast ohne Verdunstung immer wieder von neuem zur Kühlung herangezogen werden kann.

Schrauben. Sind etwas unterhalb der Ballonlängsachse rechts und

links oberhalb der Motoren angebracht, aus Aluminium erzeugt von $d =$ 1,15 (vordere Schraube vierflügelig) und $d = 1{,}25$ (hintere, dreiflügelig). Antrieb mit Zahnradübersetzung und Übertragung mit Kreuzgelenken, $\alpha = 19^{\circ}$; beim zweiten und dritten Aufstiege vor- und rückwärts je zwei vierflügelige Schrauben von $d = 1{,}15$, $n = 1100$.



Fig. 22. Zeppelin's Ballon, Ballonhalle.

Steuer. Am Ballonkörper sind zwei Steuerpaare befestigt. Vorne oberhalb und unterhalb der Spitze ist ein Vertikalsteuer. Ein ebensolches Steuer ist hinten seitlich angebracht und zwar je eines rechts und links der Endspitze. Sie wurden durch einen Hebel an der inneren rechten Wand der vorderen Gondel gleichzeitig — vor- und rückwärts, aber im ent-

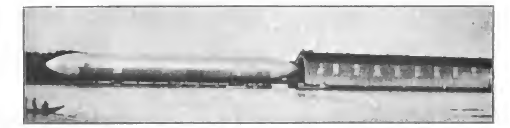


Fig. 23. Zeppelin's Ballon, Ballonhalle mit herausgezogenem Ballon.

gegengesetzten Sinne — gedreht. Zur Schiefstellung des Ballons war ein Laufgewicht in Zigarrenform aus Blei gegossen, 100 kg schwer, vorhanden, in ein Luftkissen für die Landung auf Wasser eingebunden. Die Stahltrosse wog 100 kg. Das Laufgewicht ließ sich von der Mitte aus um je 7 m verschieben. Es hing 26 m unter dem Ballon.[18])

Landung. Ballon soll nur am Wasser landen. Durch Schiefstellung herabgehen, mit Laufgewicht entlasten, Ventile ziehen, mit Cône ancre landen. Mit Schlepper auf das Floss bringen und dann in die Halle.

Sr. Excellenz Graf von Zeppelin war so liebenswürdig, auf eine an ihn gestellte Anfrage mir folgende interessante Daten über sein Luftschiff zukommen zu lassen:

»1. Oberfläche des Luftschiffes als Ganzes in qm.

Cylindrischer Teil = 36,5 × 112	4088 qm
Spitzen	792 »
Oberfläche des Ballons	4880 qm.

2. Volumen des Luftschiffes.

F = 102,8 qm · Vol. cyl. . . .	10513 cbm
1 Spitze je 932 cbm = 2 Spitzen	1864 »
	12377 cbm.

3. Gewicht der Aluminiumkonstruktion des Hüllenkörpers.

Ballongerippe ohne sonstige Teile (z. B. Streben z. Vorgelege, Gondelaufhängung etc.) . . . . 4556 kg.

Hierbei ist die Schiene für das Laufgewicht nicht eingerechnet.

4. Gewicht der beiden Gondeln ohne Motoren.

Ein Gondelkörper wiegt	218 kg	
Eine Gondelaufhängung und Fundament . .	107 »	
Ein Gondelinventar (Tisch, Bodenbelag etc.)	61,6 »	zus. 386,6 kg.

(Besatzung nicht eingerechnet.)

5. Gewicht der Steuermechanismen.

Hinteres und vorderes Steuer samt Zügen und Telegraph	47,0 kg.
Horizontalsteuer	25,5 »

6. Gewicht aller Motore incl. Schrauben und Lager.

Für 1 Gondel: Motor und Antrieb	470,0 kg	
» 1 » : Wendegetriebe	64,0 »	
» 1 » : Vorgelege und Propeller .	183,0 »	
» 1 » : Verstrebung des Vorgeleges	40,0 »	zus. 757,0 kg.

7. Größe des angenommenen Reduktionskoeffizienten.

Als Beharrungsgeschwindigkeit sind 9 m gefunden. [18a])

Als Druck der Schrauben 100 kg, demnach der Reduktionskoeffizient, ohne Berücksichtigung der Nebenwiderstände, zu berechnen.

8. Ballastmenge beim 1., 2. und 3. Aufstieg.

1. Aufstieg am 2. Juli 1900:	Ballastmenge	350 kg.
2. » » 17. Oktober 1900:	Auftrieb	70 »
	Ballastmenge	1200 »
3. » » 21. Oktober 1900:	Auftrieb	20 »
	Ballastmenge	60 »

9. Volumen aller Gasbälle zusammen.
11,578 cbm, wenn jede Spalte ausgefüllt war.
Hiervon ab die bleibenden Lufträume in den Ecken etc.«

Auffahrten. Bei der ersten Auffahrt waren an Bord der vorderen Gondel: Graf von Zeppelin als aëronautischer Führer auf der rechten, Freiherr von Bassus als aërostatischer Führer an der linken Seite und Ingenieur Burr. In der rückwärtigen Gondel waren Monteur Groß beim zweiten Motor und Schriftsteller Eugen Wolf. Die Montierung begann Mitte Januar 1900 und wurde Mitte Juli beendet.

Zur Herstellung der Neigung des Luftschiffes waren bei der ersten Auffahrt vorhanden: 1 Röhrenwasserwage, die Neigungen von 0 bis $\pm 2^{\circ} 5'$ angab, 1 Dosenwasserwage von $d = 32$ cm, die Neigungen von $\pm 15^{\circ}$ angab, 1 Pendel für $\pm 6^{\circ}$ Ausschlag. Erstere für die Funktion des Laufgewichtes, letzteres für stärkere Funktionen unsymmetrischer Ballast- und Gasausgaben. An Ballast waren vorhanden Wasserballast je 200 kg in Säcken in den

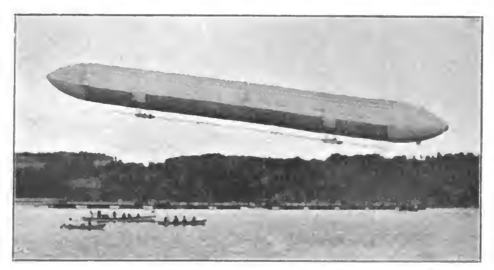


Fig. 24. Zeppelin's Ballon, Aufstieg des Ballons.

Zwischenräumen der Schotten Nr. 3/4, 8/9, 9/10, 14/15 und nasser Sand in je vier Säcken à 40 kg in 2/3, 7/8, 11/12, 14/15. Aller Ballast wurde mittels Ballastzugleinen, das Gas mit fünf Manövrierventilleinen ausgelassen.

Die aëronautische Führung war im rechten Teile der vorderen Gondel zentralisiert, sie begriff in sich: Kommandoführung (mit 1. elektrischer Glocke mit verabredeten Zeichen [Anlaufen lassen, Stoppen, Landen etc.], 2. Maschinentelegraph mit Kontrollvorrichtung zum Einschalten der Propeller (Vorwärts, Stop, Rückwärts), 3. Sprachrohr mit Pfeife, Bedienung der Steuer und des Laufgewichtes.

An jeder Seite des Ballons waren 14 Halteleinen aus Ramiefaser von je 30 m Länge von Meter zu Meter mit Farben gekennzeichnet für die Manöver auf dem Floss, auf welchem der Ballon zu den Freifahrten aus der Halle ausfuhr.

1. Auffahrt. 2. Juli 1900 um 8 Uhr 3 Min. abds., Landung 8 Uhr 21 Min., Windgeschwindigkeit 3,7 bis 5,5 m. Erreichte Eigengeschwindigkeit des

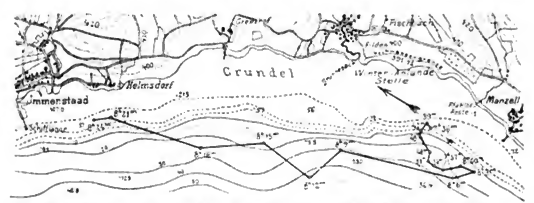


Fig. 25. Fahrtkurve der ersten Auffahrt des Zeppelin'schen Luftschiffes.

Ballons etwa 4 m. Bei der Fahrt: Laufgewichtskurbel gebrochen und Ballon mit Laufsteg um 27 cm vertical verbogen, weshalb die Schrauben nicht mehr achsial arbeiteten.

Die Steuerleinen verschlangen sich, so daß die Steuerung versagte, weshalb dann der Ballon mit dem Winde abtrieb. Bei der Landung trieb der Ballon an einen Pfahl und erhielt ein Loch.

Fig. 26 zeigt den Ballon während der Fahrt.

Die Rekonstruktion des Ballons währte bis 25. September. Es wurden kassiert: der Laufsteg (an seine Stelle trat ein I-Träger mit Versteifungsgitterwerk) und die Stahltrosse, man hängte das Laufgewicht auf einen Laufgewichtswagen auf und erweiterte seinen Lauf auf beiderseits je 30 m. Ferner wurde die Steuerung modifiziert und der rohrförmige Luftkondensator seitlich angebracht.

Am 25. September fiel die starre Hülle des ungefüllten Ballons infolge Nachgebens ihrer Aufhängevorrichtungen zu Boden und havarierte stark.

2. Auffahrt. Am 17. Oktober 4 Uhr 47 Min. nachmittags mit 1200 kg Ballast und 70 kg Auftrieb. Abstieg um 6 Uhr 10 Min. durch Platzen einer Ballonhülle (Zelle 3 von 740 cbm Inhalt) sehr verfrüht.

Die Fig. 28 zeigt die Ansicht des Ballons in der Luft nach seiner Rekonstruktion im Oktober 1900.

3. Auffahrt. Am 22. Oktober 1900 um 5 Uhr nachmittags bei fast Windstille. Um 5 Uhr 23 Min. Landung. Nur 60 kg Ballast stand zur Verfügung, weil das Gas innerhalb der fünf Tage sehr stark

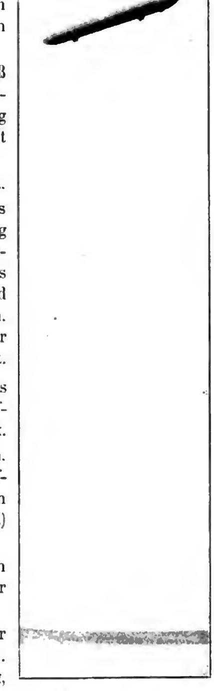


Fig. 26. Zeppelin's Ballon.

diffundierte. Pro Tag verlor der Gesamtballon ca. 475 kg Auftrieb (d. i. 4,3%) durch Diffusion.

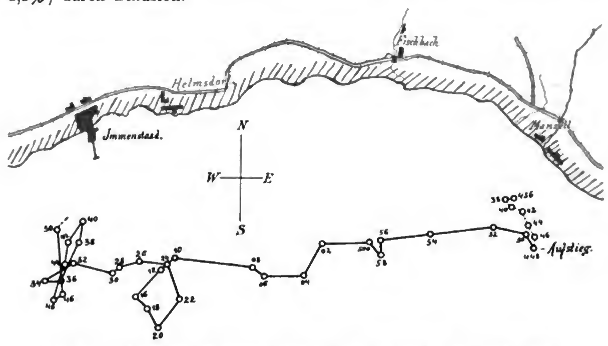


Fig. 27. Fahrtkurve der zweiten Auffahrt des Zeppelin'schen Luftschiffes.

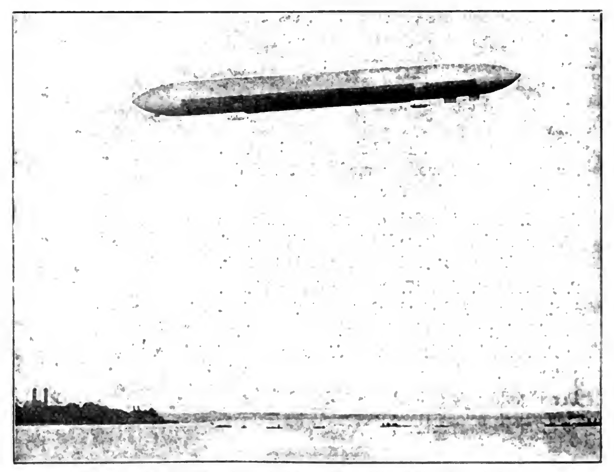


Fig. 28. Zeppelin's Ballon in der Luft nach seiner Rekonstruktion.

Bei der Landung brach das horizontale Steuerruder, verbog sich die rechte vordere Schraubentransmission und der Kondensator, ferner waren

bemerkenswerte Deformationen am gitterartigen Versteifungsträger zu konstatieren etc.

Das Zeppelin'sche Luftschiff erfüllte die Welt mit frohen Hoffnungen. Eine Million Mark wurde für seine Erbauung verausgabt, und eine große Zahl berufener Fachleute standen an der Wiege seiner ersten Versuche. Aber es ist nicht richtig zu sagen, dieser Ballon sei der Success deutschen Könnens und Wissens auf dem Gebiete der Aëronautik. Gewiss haben viele Berufene sich um seine Konstruktion bemüht und besonders um seine Rekonstruktion verdient gemacht. Aber es gab eine große Zahl sehr berufener, deutscher Aëronauten, welche ihm kein gutes Ende voraussagten. Dieses ist ihm zwar erspart geblieben, Dank der besonderen Vorsicht, mit dem die Versuche insceniert wurden, aber reussiert hat er, um es klipp und klar zu sagen, auch nicht. Er hat im Gegenteil mit viel größeren Mitteln und was die Hauptsache ist, 1½ Dezennien nach Renard-Krebs, deren Rekord nicht geschlagen in Bezug auf die Zeitdauer der Fahrt, und nur sehr wenig übertroffen, was die Fahrtgeschwindigkeit anlangt.

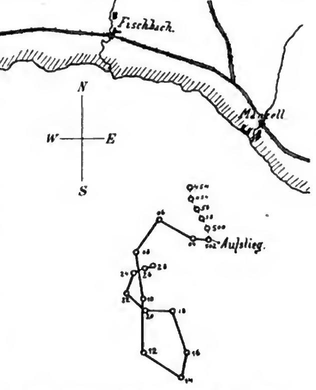
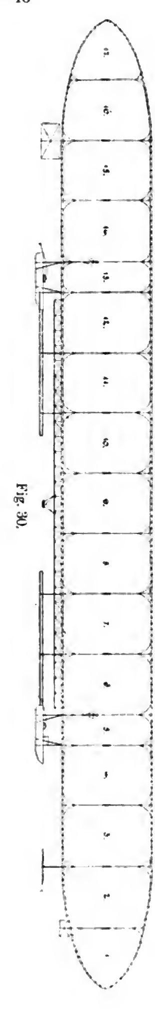


Fig. 29. Fahrtkurve der dritten Auffahrt des Zeppelin'schen Luftschiffes.

Die Gründe hierfür sind in nachfolgendem angedeutet. Betonen möchte ich, dass Graf Zeppelin, der gewiss sein bestes Wissen und Können mit diesem Ballon zum Ausdruck gebracht hat, wenn ich recht berichtet bin, die Versuche mit einem neuen Ballon fortzusetzen gedenkt.

Ich will versuchen, in Kürze das zusammenzustellen, was die Aëronautik durch den Bau und die Auffahrt dieses Luftschiffes gewonnen hat. Diese Ausführungen decken sich naturgemäß mit dem von mir in der Vollversammlung des österr. Ing.- und Architektenvereines am 15. Dezbr. v. J. Dargelegten und sind auch gleich den Figuren 16—24, 26 und 28 in der Zeitschrift des obigen Vereines abgedruckt.[19])

In erster Linie sehen wir von dem Aluminium den ausgedehntesten Gebrauch gemacht. Mit Recht glaube ich behaupten zu dürfen, dass Aluminium noch bei keinem Bauwerk, außer bei dem Aluminiumluftschiff von Schwarz, in so massenhafte Verwendung genommen worden ist, wie beim Zeppelin'schen Ballon. Als ich im Herbste 1899 das Luftschiff im Baue gesehen hatte, wo noch keine Hülle das mächtige Gerüste dem Auge verbarg und man mit Staunen auf den Wald von Aluminium blickte,


Fig. 30.

der das Gerüste des Ballons bildete, bemerkte ich mit Entsetzen Gitterträger, die vielfach durchgebogen und stark deformiert waren, so dass ich nicht glaubte, die frühere Form sei auf andere Weise als durch völliges Auswechseln der betreffenden Konstruktionsteile zu erzielen. Zu meinem Staunen gewahrte ich jedoch, dass diese Gitter durch Leute an der fertigen Konstruktion selbst mit Hämmern und Latten geradegeklopft wurden, was an vielen Stellen damals und später sehr oft geschah. Ich lernte in der Zähigkeit des Aluminiums eine Eigenschaft schätzen, die uns dieses Material, nebst seiner Leichtigkeit für Luftschiffahrtszwecke besonders willkommen macht.

Neu ist die Anwendung so vieler Ballons in einer Aluminiumgitterröhre, welche die Figur 30 noch einmal zeigt, hintereinander, welche Anordnung gar manches pro und contra hat. Neu ist auch die doppelte Hülle über denselben. Diese Konstruktion ist durchaus eigenartig, belastet aber das Ballonhüllengewicht ganz unverhältnismäßig und bietet doch jene Formbeständigkeit, die so sehr erwünscht wäre, nur bei sehr reichlichem Gewichtsüberschuss.

Neu ist ferner die besonders langgestreckte Form des Ballons und die Verteilung des Ballastes. Auch die an einem verhältnismäßig starren Gerippe hintereinander angeordneten Schrauben wurden zum ersten Male in dieser Art praktisch angewendet.

Bezüglich der Dichtungsmittel wurden vielfache Versuche gemacht und in dem Ballonin ein Dichtungsmittel gefunden, das sehr schätzbare Eigenschaften besitzt. Es ist, soweit bis jetzt bemerkbar, bei äußerst sorgfältiger Verarbeitung gut. Trotzdem war der Gasverlust der Hüllen ein über Erwarten großer, was wohl auch der außerordentlichen Feinheit des Gewebes zuzuschreiben sein dürfte.

Der größte Teil des Traggases wurde auf elektrolytischem Wege erzeugt, es kam so fast ganz rein zur Verwendung. Der Beschaffung dieses Gases wurde ganz besonderes Augenmerk gewidmet. Sehr gut bewährt haben sich die neuen Ventile. In den vom Grafen Zeppelin selbst erfundenen Sicherheitsventilen hat die Aëronautik sogar eine wertvolle Bereicherung ihres Inventars gefunden.

Die Ballonhalle ist hübsch erdacht und ausgeführt, ich glaube aber nicht, dass sie Schule machen wird. Die Wellen des Bodensees haben ihr und ihrer Verankerung oft böse Streiche gespielt.

Die verschiedentlichsten Steuerungssysteme sind praktisch erprobt worden, man hat gelernt, dass bei weitem nicht so große Flächen, als man anfänglich annahm, für sie ausreichen. Besonders die Anwendung des Horizontalsteuers hat mir sehr gefallen und ich glaube, man wird kein lenkbares Luftschiff ohne ein solches mehr bauen.

Auch die Anwendung eines Laufgewichtes — obwohl nicht mehr neu, weil schon von Renard-Krebs in Anwendung gebracht — hat gute Resultate ergeben. Ob man ferner mit einer so bedeutenden Schiefstellung der Ballonachse manövrieren wird, wie es Zeppelin gethan hat, möchte ich dahingestellt sein lassen. Jedenfalls ist das Laufgewicht in vielen Systemen gründlich durchprobiert worden, und sind die damit gemachten Erfahrungen sehr beherzigenswert.

Das Zeppelin'sche Luftschiff ist das erste starre Luftfahrzeug, welches einen Aufflug mit einer Landung zu verzeichnen hat, die nicht einer Vernichtung gleichkommt, wie dies z. B. erst vor einigen Jahren bei dem Schwarz'schen Luftschiffe in Berlin der Fall war. Trotz seiner starren Form besitzt der Ballon doch immerhin eine gewisse Elastizität, die ihn einige Stöße vertragen lässt, auch ist durch einen, wenn auch recht mangelhaften Stoßpuffermechanismus unterhalb der beiden Gondeln für eine teilweise Aufhebung und Verteilung der Erschütterungen bei der Landung gesorgt.

Es ist das größte bis jetzt gebaute Luftschiff, demgemäß ist es auch in der Lage, bei frischer Gasfüllung für längere Dauer Speisematerial für jeden Motor mitzunehmen und kann eine Zeit in der Luft schweben, welche die seiner Vorgänger bei weitem übertrifft. Nichtsdestoweniger steht, was die Dauer der Fahrt anbelangt, noch immer das Renard'sche Luftschiff in erster Linie, weil das Zeppelin'sche Luftschiff bei den beiden ersten Auffahrten durch Havarien gezwungen war vorzeitig zu landen, und die dritte Auffahrt mit nicht genügend tragfähigem Gas veranstaltet wurde.

Wählt Graf Zeppelin bei etwaigen ferneren Aufstiegen eine günstige meteorologische Konstellation, d. h. fährt er wie bis jetzt bei thunlichster Windstille auf, und hält diese an, so ist es leicht möglich, dass die erreichten Resultate den Laien in Erstaunen setzen werden.[20]

Weht aber z. B. ein Wind von 6 m pro Sekunde, was noch durchaus keine starke Luftströmung bedeutet, so wird er nur mit 1—2 m gegen diese vorwärts kommen; für den Fall allerdings, dass er mit dem Winde fährt, kann er pro Sekunde 13—14 m zurücklegen.

Bei einer Tour- und Retourfahrt gleicht sich das aus, dann legt er durchschnittlich, gegen einen Punkt auf der Erde gerechnet, 7—8 m zurück. Da der Wind aber einen großen Teil des Jahres mit mehr als 8 m weht, so wird der praktische Wert des gegenwärtigen Zeppelin'schen Luftschiffes ein sehr beschränkter bleiben.

Ich habe somit schon einen der in des Wortes eigentlichster Bedeutung in der Luft liegenden Einwände gegen das Fahrzeug erwähnt und will nun zur völligen Klarlegung seines Wertes, wie ich hoffe zu Nutz und Frommen der Luftschiffahrt, thunlichst ohne alle Voreingenommenheiten die Haupteinwände gegen dasselbe erörtern.

Sie gipfeln nach meinem Dafürhalten vor allem in folgenden Punkten:

Erstens ist die erreichbar mögliche Eigengeschwindigkeit desselben bei der Mitnahme von nur 32 P.S. bei einem Durchmesser von nahezu 12 m, wie ich eben besprochen habe, ungenügend, um dem Ballon eine praktisch verwertbare Eigengeschwindigkeit zu geben. Ritter v. Loessl hat diesbezüglich in seinem lesenswerten Aufsatze den Weg angedeutet, der zur Besserung dieser Verhältnisse zu wandeln wäre.[21]) Mit demselben Motorengewichte kann man heute schon einen Motor hochnehmen, der viel mehr Energie entwickelt. Bei entsprechender Änderung des Übertragungsmechanismus — Universalkreuzgelenke wendet man nur bei Übertragung einer geringen sekundlichen Arbeitsmenge an — werden sich bessere Resultate erzielen lassen. Die Durchführung dieser Arbeiten stößt — sobald genug Geld zur Verfügung steht — auf keine besonderen technischen Schwierigkeiten, sie beeinträchtigen nicht das System.

Ich will also gern zugeben, dass bei einer neuen Konstruktion infolge des leichten Gewichtes der heutigen Motoren, wo man bei demselben Gewichte die doppelte Anzahl von Pferdestärken hochbringen kann, in dieser Hinsicht ein erfreulicher Fortschritt zu erwarten steht.

Ein **zweiter** Punkt betrifft die Schrauben. Wie schon früher hingewiesen wurde, besitzen die Zeppelin'schen Schrauben einen ganz exceptionell kleinen Durchmesser, der ihre Wirkung gewiss nicht zur vollen Geltung gelangen lässt. Desgleichen beeinträchtigt die große Flügelzahl (4) bei dem kleinen Durchmesser die Wirkung. Dann scheint mir die Form der Flügelflächen nicht entsprechend zu sein. Es ist an der Nabe viel zu viel nutzloses Material angehäuft. Ferner ist die Verbindung der Schrauben mit dem Ballonkörper eine solche, welche Deformationen in der Achslage des letzteren auf die ersteren, die richtige Lage derselben beeinträchtigend, überträgt. Ich bedaure, dass bei der großen Masse des verausgabten Geldes die Erprobung der Schrauben nicht eingehender betrieben wurde. Die Erprobung auf dem kleinen Luftschraubenboote, dessen Ansicht die Figur 31 giebt, konnte nur approximative Anhaltspunkte liefern,



Fig. 31. Das Luftschraubenboot des Grafen v. Zeppelin.

bessere genaue Daten sind bei Versuchen in der freien Atmosphäre ohne genaue Kenntnis der betreffenden Windgeschwindigkeit kaum erlangbar. Die Verhältnisse liegen da sehr ähnlich wie bei Luftwiderstandsversuchen. Ich verweise diesbezüglich auf meine Besprechung der Wellner'schen Luftwiderstandsversuche (»Technische Blätter«, Prag 1895, 26. Jahrgang).[22] Auch kann ich nicht unerwähnt lassen, dass Vogt bei seinen Luftschraubenversuchen, welche ebenfalls auf Wasserbooten stattfanden, zu ganz anderen Resultaten, wie Graf Zeppelin gelangt ist. (Siehe darüber: Proceedings of the international Conference on Aerial Navigation held in Chicago: The Air Propeller by Vogt, p. 113).[23])

Ein **dritter** Punkt betrifft das starre Ballongerippe. Die 128 m lange Aluminiumgitterröhre stellt mit den an ihr befestigten kleinen Gondeln und dem Aluminiumgitterträger eine feste kompakte Konstruktion dar. Innerhalb der Röhre liegen wie Fischblasen die leichtverletzbaren Ballons, nur mit dem schwerwiegenden Unterschiede, dass sie ihr Volumen nicht nach Belieben und schnell ändern und damit ein Steigen oder Fallen des Tragkörpers bewirken können. Solange der Ballon in der Luft schwebt, ist diese starre Form jedenfalls sehr günstig. Sie erleidet keine Deformationen, gewährleistet ein ruhiges, sicheres Abfließen der Luft und bietet dem Schraubenlager verhältnismäßig gute Stützpunkte. Anders verhält es sich aber, sobald das Luftschiff landet. Dann erleidet es einen Stoß und »spürt« den Wind.

Die Idee, feste Ballonhüllen zu verwenden, wurde zuerst von Marey Monge 1843 in Paris realisiert. Er baute einen Kugelballon mit Messingblech von 15 m Durchmesser, welcher aber infolge seines großen Gewichtes nicht aufsteigen konnte. Der Ballon des Österreichers Schwarz, auf Kosten des Kommerzienrates K. Berg in Lüdenscheid von dessen Ingenieuren Weispfennig und v. Watzesch gebaut, hatte einen Ballonkörper aus Trägerrahmen, welche mit ·2 mm starkem Aluminiumblech bekleidet waren. Auch war die Gondel fest mit der Hülle verbunden. Der Ballon stieg nur einmal auf, am 3. November 1897, und strandete nach kurzer Fahrt. Nicht nur die Hülle bekam gewaltige Risse, auch die inneren Träger erlitten starke Verbiegungen, sodass das ganze Luftschiff total unbrauchbar wurde.

Wenn das Zeppelin'sche Luftschiff auf fester Erde bei bewegter Luft landen und auch mit nur mäßiger Geschwindigkeit niedersinken würde, so wäre große Gefahr vorhanden, dass sich die Aluminiumgitterträger stark verbiegen und das Luftschiff unbrauchbar wird. Zeppelin hat deshalb nur eine Landung auf Wasser vorgesehen. Thatsächlich fand auch bei allen drei bis jetzt erfolgten Aufstiegen die Landung über dem Bodensee statt. Ich für meine Person kann nicht umhin, diese Beschränkung des Landens als einen großen Mangel zu bezeichnen, welchen jeder starre Ballon teilt. Ein brauchbares Luftschiff muss auch ohne schützende Halle auf festem Boden landen können. Dem Schwarz'schen, ebenfalls

starren Aluminiumballon wurde eine solche Landung, wie die Figur 14 veranschaulicht, zur Katastrophe.

Sobald der Ballon die Erde berührt, hat er es mit zwei Medien zu thun: mit der bewegten Luft und mit der Erde, resp. dem vielleicht auch, aber anders bewegten Wasser. Die lange Ballonkonstruktion, die nicht wie die Ballons von Giffard bis Renard nachgiebige, sondern starre Hüllen besitzt, muss dem Winde widerstehen. Der Wind weht aber nie konstant, sondern stets stoßartig, was seine Gefährlichkeit noch erhöht. Desgleichen wäre eine Verankerung dieses Kolosses auf fester Erde, ohne dass er bei stärkerem Winde Schaden leidet, nur sehr schwer und erst nach längerer Zeitdauer, also kaum zeitgerecht, durchführbar. Es sind dies Mängel, welche im System selbst liegen und deshalb um so mehr ins Gewicht fallen.[24])

Ein **vierter** Punkt besteht in der nur sehr beschränkten Möglichkeit, ohne Abgabe von Ballast oder Traggas zu steigen oder zu fallen. Zeppelin ging von dem Gesichtspunkte aus, dass er mit seinem Luftschiffe tagelange Fahrten unternehmen werde, bei welchen Dauerfahrten ein Auswerfen von Ballast, um zu steigen, und das Auslassen von Gas, um zu fallen, ausgeschlossen ist. Da er die Verwendung von Hubschrauben perhorresciert, hofft er, seinen Zweck durch eine Schiefstellung der Ballonachse, welche in ganz sinnreicher Weise mittels Gewichtsverlegung bewerkstelligt werden soll, zu erreichen.

Vom theoretischen Standpunkte aus wäre gegen diese Art des Höher- und Tiefergehens des Ballons innerhalb gewisser Grenzen wenig einzuwenden, dafür um so mehr vom praktischen, weil die Fahrtdauer durch diese Manipulation sehr beeinträchtigt werden würde. Außerdem scheint es mir sehr fraglich, ob es vom betriebstechnischen Standpunkte aus ökonomisch erscheint, freiwillig in solche Höhen, wo der Wind erfahrungsgemäß doppelt so stark als unten weht, zu gehen, es sei denn, dass er mit der Fahrtrichtung übereinstimmt.[25])

Der **fünfte** gewichtige Einwand gegen das in Rede stehende Luftschiff, der sich mir bei Betrachtung seiner Auffahrt und beim Studium der Unterseeboote mit unwiderruflicher Logik aufgedrängt hat, gipfelt in folgender Betrachtung. Bei jedem Luftschiffe können wir zwei Schwerpunkte unterscheiden. Einen Deplacementschwerpunkt, der seine Lage, welche Lage immer das Luftschiff auch einnimmt, nie ändert, und einen Systemschwerpunkt, der unter Umständen, z. B. bei Anwendung eines Laufgewichtes und dergleichen, sich in geringen Grenzen verschieben lässt. Ein labiles Gleichgewicht wäre vorhanden, wenn der Systemschwerpunkt über dem Deplacementschwerpunkt gelegen wäre, je weiter unterhalb der erstere unter dem letzteren sich befindet, desto stabiler ist das ganze System.

Betrachten wir in dieser Hinsicht die bis nun gebauten lenkbaren Luftschiffe, so sind offenbar jene die stabilsten, welche eine leichte Gashülle und eine sehr tiefsituierte Gondel besitzen, wie z. B. die Luftschiffe von Tissandier und Dupuy de Lôme. Haenlein und Renard sind schon nicht

so günstig veranlagt, und als am wenigsten entsprechend muss in dieser Hinsicht die Konstruktion der beiden Aluminiumballons bezeichnet werden. Am ungünstigsten ist entschieden der Ballon Zeppelin's daran, weil da der Systemschwerpunkt kaum $1^{3}/_{4}$ m unterhalb des Deplacementschwerpunktes gelegen ist. Bei seiner ganz abnormalen Länge bedurfte es also nur einer ganz kleinen Neigung der Achse und der Ballon wurde aus seiner Gleichgewichtslage gebracht, daher auch die so geringe longitudinale Stabilität, die sich in einem steten Schwanken der horizontalen Achse kundgab.

Der Ballon mit seinen zwei unter ihm symmetrisch hängenden Gondeln gleicht einem langen, äußerst difficilen Wagebalken. Sobald der Ballon sich im statischen Gleichgewichte befindet, also eine der Ballastabgabe, respektive dem Auftriebe entsprechende Höhe erreicht hat, schwebt er im Luftozean als Ganzes, das gleiche specifische Gewicht der Luft besitzend. Wird er durch die Schrauben nach vorwärts bewegt und das Horizontalsteuer nur etwas gedreht, so empfängt er einen Stoß nach auf- oder abwärts, dem er sofort gehorcht, aber er pendelt dabei, weil auch die Kraft an einem langen Hebelarm angreift, leicht über die Gleichgewichtslage hinaus, ganz ebenso wie ein Wagebalken, und es ist äußerst schwer, wieder die longitudinale Stabilität herzustellen. Dieses fortwährende Schwanken beeinträchtigt und verzögert aber naturgemäß die Fahrgeschwindigkeit, weil es unliebsame Luftwiderstände hervorbringt. Dieser schwerwiegende und nicht zu beseitigende Übelstand liegt im Systeme.

Es lassen sich an dem besprochenen Ballon gewiss noch mehrere Punkte finden, gegen welche Einwände erhoben werden können, wie z. B. die durchaus parallelopipedische Form des 96 m langen Ballonrumpfes, die mangelhafte Gasdichtheit der Hülle, die geringe longitudinale gitterartige Versteifung des Ballonkörpers, die Landungsvorrichtung, die große räumliche Ausdehnung der Ventil- und Ballast-Zugvorrichtungen etc. etc., sie stehen aber alle gegen die erwähnten an Wichtigkeit nach.

Resumé. Erreichte Maximalgeschwindigkeit angeblich 9 m, aber jedenfalls nur auf kurze Zeit. Aufstiege nur bei fast Windstille unternommen. Nur die dritte Fahrt glückte. Nach jeder Landung, trotzdem sie immer auf dem Wasser stattfand, starke Havarien, sodass ein sofortiges Wiederauffahren nicht denkbar gewesen wäre.

Stabilität nicht befriedigend. Als ein Fortschritt gegen Renard-Krebs ist der dermalige Zeppelin'sche Ballon nicht aufzufassen, wohl ist aber in der Konstruktionsdurchbildung einzelner Ballonbestandteile eine Vervollkommnung wahrzunehmen und bei einem Neubau auch ein weiterer Fortschritt in dieser Hinsicht zu erwarten und bei Verwendung so leichter Motoren, wie die sind, über welche wir jetzt verfügen, auch eine größere Eigengeschwindigkeit.[26])

Quellen: Illustrierte aëronautische Mitteilungen, Band II, p. 116, Auszug aus D. R.-P. Nr. 98580 vom 31. 8. 1896.

Illustrierte aëronautische Mitteilungen 1899, p. 97, D. R.-P. Nr. 103569.

Illustrierte aëronautische Mitteilungen 1899, p. 128, Ballonhalle.

Illustrierte aëronautische Mitteilungen 1900, p. 10. Beschreibung von Moedebeck, p. 44 Geschwindigkeitsberechnung. Im Sonderheft 1900: »Beschreibung der 1. Auffahrt« von Moedebeck und Zeppelin 1901, p. 45—53, Zeppelin's 2. und 3. Aufstieg.

Prometheus 1900, p. 438—442, 445—460 und 476—482 von Moedebeck.

Kriegstechnische Zeitschrift 1900, p. 299—307, »Graf v. Zeppelin's Luftschiff und seine Aussichten« von Moedebeck.

Zeit 1900, Nr. 312, Band 24, p. 182—184 und Nr. 301, Band 24, p. 8—9, Beschreibung und kritische Besprechung von Hoernes.

Zeitschrift des österreichischen Ingenieur- und Architekten-Vereins 1901, Nr. 12 und 13 (bei Lehmann und Wenzel in Wien auch im Separatabdruck erschienen), Hoernes, »Das Zeppelin'sche Ballonproblem«, 34 Seiten.

Zeppelin, »Über die Aussicht auf Verwirklichung und den Wert der Flugschifffahrt«. Vortrag in der deutschen Kolonialgesellschaft, 7. Jan. 1901.

Santos Dumont, 1901. (Sechs Typen.)

l = 25—34 m, F_{max} = 9,6—38,4 qm, N = 5—16,
d = 3,5—5,6 m, V = 180—550 cbm.

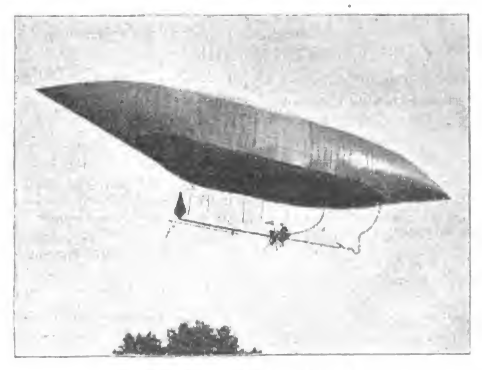


Fig. 32. Dumont's Ballon (Type 4).

Ventile. (5) Zwei kleine Auslassventile. Sicherheitsventil im Ballon und im Ballonet mit verschieden starken Federn, sodass zuerst die komprimierte Luft aus dem Ballonet und dann erst das Gas aus dem Tragballon entweicht.

Hülle. (1) Aus japanischer gefirnisster Seide. Form: ein nach beiden Seiten zugespitzt auslaufender Zylinder, $l = 25$ m, $d = 1{,}75$. Hülle wog 30 kg.

(3) Gewicht der Hülle etc. 90 kg. Sphäroidale Gestalt mit 77° Zentriwinkel.

Füllung und Ballonet. (1) Ballonet wurde mit komprimierter Luft mit einer Luftpumpe gefüllt.

(3) Ballonet entfiel.

(4) Ballonet war wieder angebracht und wurde mit einer Aluminiumluftschraube mit komprimierter Luft gefüllt.

(5) Ballonet angebracht.

Netz. (1) Aus Zwirn, Aufhängevorrichtung aus Bast.

Verbindungsteil. (3) Die Haltestricke waren direkt am Ballon befestigt und verbanden die Hülle mit der Tragstange (eine Bambusstange von 9 m Länge).

(4) Länge der Bambustragstange 9,4 m.

(5) Hölzernes Traggerüste.

Gondel. (1) Gondel und Maschine wogen zusammen 64 kg, waren ca. 5 m unter dem Ballon angebracht.

Motor. (1) Dion-Bouton mit an jedem nde angebrachten Zylindern, in denen sich Schrauben bewegten. $3^1/_2$ P.S. Der Motor arbeitete direkt auf der Schraubenwelle aufgekeilt.

(4) Der zweizylindrische Petroleummotor lieferte 4 P.S. und wog mit der Tragstange 300 kg. (5 u. 6) 16 P.S. Buchet-Motor.

Schraube. (1) Flügel aus Aluminium, $d = 1$ m. — Ballastsäcke (zwei Stück) als Laufgewicht.

(4 Die zweiflügelige Schraube wog 28 kg bei $d = 4$ m. Ihre Flügel bestanden aus einem Gestell von Stahlrippen, die auf einer Aluminiumachse befestigt waren und aus Seide. Sie arbeitete vorne auf der Tragstange (perche quille) $n = 100$. Nutzbare Zugkraft $= 30$ kg. Bei $n = 140$ war die Zugkraft $= 55$ kg.

(5) Schraube rückwärts angebracht.

Steuer. (1) Ausgespannte Seide in trapezförmiger Form im rückwärtigen Teile angebracht.

(3) Gegengewicht vorhanden.

(4) Hexagonales Steuer von 7 qm ausgespannter Seide, wog nur 1 kg, war ganz hinten am Ballonstoff aufgesetzt. (5) Halbrundes Steuer.

Landungsvorrichtung. (1) Hanfstrick 100 m lang und ein winziger, schmiedeeiserner Anker.[27])

Fast gleichzeitig mit Zeppelin baute ein naturalisierter Franzose Santos Dumont einen lenkbaren Ballon. Ist der Zeppelin'sche Ballon ein Riese unter den Luftschiffen zu nennen, so müssen wir den von Santos Dumont als einen Zwerg bezeichnen. Letzterer macht es sich zur Aufgabe, mit

einem einzigen Passagier von 50 kg Gewicht (Santos Dumont wiegt nämlich nicht mehr) als Nutzlast die Luft mit einem Ballon, der das erreichbare Minimum an Gewicht aufweist, zu durchschiffen.

Wenn man die Geschichte seiner Ballons — er hat zur Zeit schon sechs gebaut — studiert, so muss man unbedingt Respekt vor der Konsequenz haben, mit welcher er den einmal gefassten Gedanken verfolgt. Seine Ballons — die Hüllen bei Lachambre gebaut — sind wahre Wunder an Zwerghaftigkeit und Leichtigkeit und gewiss interessante Studienobjekte.

Santos Dumont baute zuerst einen Kugelballon von 113 cbm Inhalt und 6 m Durchmesser, mit welchem er im Jahre 1898 im Jardin d'acclimatation aufstieg.

Im folgenden Jahre erhob er sich noch einmal im Jardin des Tuileries bei Gelegenheit der Automobilausstellung. Die äußerst zarte, durchsichtige Hülle verschwand gleich einer Sternschnuppe am Firmament vor den Augen der entzückten Zuschauer.

Sein erster lenkbarer Ballon zeichnete sich durch ganz abnorme Diminuität seiner Dimensionen aus. Bei der ersten Auffahrt wurde er durch falsches Manövrieren mit den Flügeln zerrissen. Aber schon nach zwei Tagen erhob sich der Ballon wieder im reparierten Zustande in die Luft und folgte unter den enthusiastischen Beifallsäußerungen des versammelten Publikums, von der Schraube getrieben, der Richtung des Steuers.

Zwei Ballastsäcke, welche an den beiden äußersten Enden des Aërostaten befestigt waren, wurden durch Stricke mit der Gondel verbunden und veränderten den Schwerpunkt, indem sie nach dem Wunsch des Aëronauten das Luftschiff in horizontaler Lage erhielten oder die Achse desselben neigten. Diese erste Fahrt nahm bald ein rasches Ende, weil die Luftpumpe, welche den Ballonet mit komprimierter Luft versehen sollte, schlecht funktionierte. Dadurch wurde der Ballon schlaff, und da er aus Ersparnis an Gewicht keinen festen Kiel hatte, faltete er sich wie ein Portefeuille unter der ungleichen Spannung der Stricke, welche 10 m tiefer die Gondel hielten, zusammen.

Der kühne Luftschiffer machte ohne Schaden zu erleiden einen Sturz aus 400 m Höhe. Zum Glück hatte Dumont die Kaltblütigkeit, den sich an das Halteseil klammernden Zuschauern zuzurufen, sie möchten in der entgegengesetzten Richtung des Windes ziehen. Dadurch wurde die Schnelligkeit des Falles gemildert.

Er selbst sagte lachend von diesem Aufstieg: »Ich habe wenigstens Abwechslung gehabt, im Ballon bin ich aufgestiegen und im Drachen abgestiegen«.

Ein Jahr darauf entstand der zweite Ballon von gleicher Form, gleicher Länge, aber etwas größerem Radius, 1 m 90 cm statt 1 m 75 cm. Diese kleine Vergrößerung bedeutete eine Steigerung des Volumens auf 200 cbm Inhalt.

Ein winziger Ventilator aus Aluminium sollte die Stabilität der Form sichern.

Der Aufstieg mit diesem zweiten Ballon war auf den 11. Mai 1899 festgesetzt. Da es aber heftig goss, musste sich Santos Dumont, vermutlich weil der Ballon durch den Regen zu schwer wurde, begnügen, am Halteseil auf und nieder zu steigen, während die Zuschauermenge, mit Regenschirmen bewaffnet, ihn sympatisch begrüßte.

Im selben Jahre konstruierte Santos Dumont seinen dritten Ballon. Auch dieser Ballon wurde doppelt so groß als sein Vorgänger gemacht. Er war mit zwei Halteseilen ausgestattet. Gondel und Motor blieben unverändert, hingegen entfiel das Ballonet. Mit Leuchtgas gefüllt, trug der Ballon inklusive Luftschiffer und Motor 105 kg Ballast.

Der »Santos Dumont« Nr. 3 machte am 13. November um $3^1/_2$ Uhr nachmittags vom Parke Vaugirard aus seine Aufstiege. 20 Minuten lang beschrieb er Kurven und Achter über dem Champ de Mars und folgte sehr rasch der Einwirkung des Steuers, welches hinten am äußersten Ende an dem Halteseil, das als Scharnier fungierte, befestigt war. Der Abstieg ging sehr gut von statten. Santos Dumont glaubte, dass sein Ballon an diesem Tage bei ruhiger Luft hätte 25 km erreichen können, aber der Wind war zu heftig.

Der vierte Ballon besaß eine etwas größere Länge, aber einen geringeren Durchmesser und ein um 80 cbm kleineres Volumen.

Im Park des Aéro-Club in St. Cloud wurde für den Ballon ein Schuppen von 30 m Länge, 11 m Höhe und 7 m Breite aufgeführt.



Fig. 33. Dumont's Traggerüst (Type 5 und 6).

Der Luftschiffer saß wie ein Reiter auf einem Bicyclesattel, an welchem er die Stricke zu den verschiedenen Leitungen (und zwar die für die elektrische Leitung, welche den Motor entzünden sollte, die lösbare Friktionskuppelung des Kegels, zur Regelung des Verbrenners [Carburateur], für das Steuer, für den Ballast und für das Laufgewicht) angebracht hatte.

Den Ballon brachte er mittelst Pedalen, wie ein Tricycle mit Petroleumbetrieb, in Gang. Mit diesem Ballon machte er auf die beschriebene

Weise täglich Versuche, so u. a. auch am 19. September 1900 im Luftschifferpark des Aéro-Club.

Als Resultat dieser Versuche ergab sich, dass der Motor nicht leistungsfähig genug sei. Santos Dumout verdoppelte seine Kraft, er nahm vier Zylinder mit Flächenkühler (refroidissement à ailettes). Um das hierfür erhöhte Gewicht tragen zu können, musste man ihm wieder ein größeres Volumen geben, und zwar verlängerte man den Rumpf um 4 m, was eine Volumvermehrung auf 500 cbm zur Folge hatte und eine Verlängerung des Schuppens um 4 m bedingte. In 14 Tagen war auch diese Arbeit geleistet.

Bei den Schraubenversuchen zog sich Santos Dumont eine Lungenentzündung zu, die er in Monte Carlo auskurierte. Die unfreiwillige Muße an Zeit benützte er, um dort in einer Tischlerwerkstätte ein dreieckiges Gestell aus Fichtenholz zu konstruieren, das bei 18 m Länge nur 50 kg Gewicht hatte. Die Figur 33 giebt ein Bild dieses eigenartigen Traggerüstes. Das Ganze war aus kurvenförmigen Hauptspanten zuzammengesetzt, welche durch Aluminiumstifte befestigt waren und durch ein Netz von Klaviersaiten (trame de fils de piano) verspannt wurden. Es sieht wie ein umgekehrtes Schiffsgerippe (carène) aus. 7 m von seinem äußeren Ende entfernt hängt, wie das Centrum in einem Spinnennetz, der vierzylindrige 16 Pf.-Motor, dessen Ansicht die Figur 34 wiedergiebt.

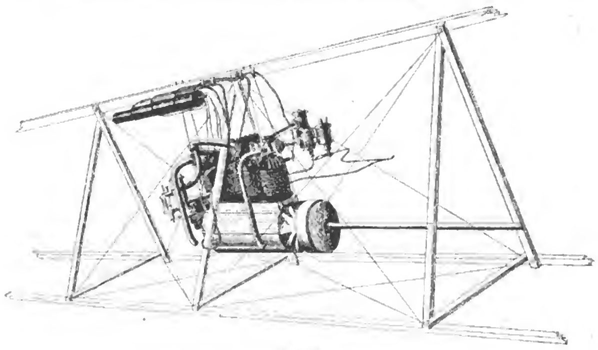


Fig. 34.

Der fünfte Ballon von Santos Dumont ist sein größter inbezug auf sein Volumen und Länge, misst aber, was seine Länge betrifft, nur ein Viertel von Zeppelin's Ballon. Die Schraube übt einen Druck von 60 kg aus. Sie wird nicht wie bei den früheren Ballons zur Abkühlung des Motors herangezogen, weshalb für diesen Zweck ein eigener kleiner Ventilator verwendet wurde.

Im Gegensatze zu den drei ersten Ballons war die Schraube diesmal rückwärts placiert. Ihre Achse ging durch ein keilförmiges Lager, das sich in einer Art Cardanischer Aufhängung befand; dadurch war vorne mehr Platz für die Haltestricke vorhanden und konnte das fragile Steuer beim Abstiege besser gelenkt werden.

Emanuel Aimé sagt in seiner Besprechung dieses Luftschiffes in »L'Aérophile« (Heft 4 des Jahrganges 1901), es habe sich die Anbringung von Schraube und Steuer im rückwärtigen Teile des Traggerüstes und die des Halteseiles in dessen vorderem Teile als sehr zweckentsprechend herausgestellt. Die Figur im Anhange zeigt den fünften Ballon Santos Dumont's in der Luft manövrierend.

Um das Gleichgewicht gleichmäßig auf die Haltestricke zu verteilen, war das Traggerüste (la quille) 7 m weiter vorn an die Spitze verlegt worden. Bei diesem Ballon dirigierte Santos Dumont den Motor von weitem durch Stricke, aber er kann ihn während der Fahrt nicht mehr in Gang bringen und muss mit lancierter Maschine abfahren. Infolgedessen wurden auch die Pedale unnötig und der Tricyclesattel durch eine durchsichtige Gondel aus Weidengeflecht von ganz neuer Form ersetzt. Diese verengt sich nach unten zu, ihr ist ein Korb mit Ballast angehängt.



Fig. 35.

Das Petroleumreservoir, die Carburateurs, die Zündungsvorrichtung und alle anderen Nebenbestandteile des Motors sind an der oberen Gräte des Gestells fixiert. Vor dem Aufstieg sollte es mit Seide bedeckt werden, um der Luft weniger Widerstand zu bieten. Der maschinelle Teil wird durch einen Ventilator aus Aluminium vervollständigt, welcher fortwährend Luft in das Ballonet drückt. Der Ballon und das Ballonet haben Ventile, deren Federn verschieden kräftig sind, sodass im Falle eines Überdruckes zuerst die Luft aus dem Ballonet und dann

erst das Gas aus dem Ballon entweicht. Unabhängig von diesen unteren Ventilen ist der Aërostat oben mit einem Entleerungsventile versehen, an welchem eine Zerreißvorrichtung angefügt ist, die im Falle ungünstiger Landungsverhältnisse aktiviert wird. Zur Gondel führen Flaschenzüge, Ventilleinen etc. Der Motor entstammt der Fabrik M. E. Buchet. Mit diesem Ballon machte Dumont im August l. J. mehrere Auffahrten, umschiffte auch den Eiffelturm, hat aber den Deutschpreis nicht erringen können.[27a])

Der letzte, am 8. August unternommene Aufstieg endigte leider mit einer Katastrophe. Der Tragballon wurde total zerrissen und Dumont konnte nur mit Mühe aus seiner Quille gerettet werden. Der Aufstieg erfolgte bei Windstille. Das Luftschiff nahm erst seinen Kurs in der Richtung zum Eiffelturme, umkreiste zweimal den Turm und fuhr dann in einer Höhe von ungefähr 350—400 m wieder nach Saint-Cloud zurück. Als das Luftschiff das Bois über La Muette passierte, bemerkte man plötzlich, dass die Fluggeschwindigkeit rapid abnahm; gleichzeitig senkte sich der Ballon sehr rasch, bis schließlich das Sinken sich in einen förmlichen Niedersturz verwandelte. Der Ballon fiel auf ein sechs Stock hohes Haus auf dem Quai du Passy und wurde vollständig zerrissen. Die Gondel blieb auf einer Mauer hängen, und erst nach einer halben Stunde gelang es der Feuerwehr, den tollkühnen Aëronauten aus seiner höchst unbehaglichen Situation zu befreien. Der Ballon ist so arg beschädigt, dass ungefähr sechs Wochen nötig sein werden, um ihn wieder herzustellen.

Dumont hat aber den Mut nicht verloren. Er ließ sofort bei Lachambre einen neuen Ballon, Type VI, dessen Hülle auf 800 cbm vergrößert wurde, anfertigen und hofft noch in diesem Jahre weitere Aufstiege zu inscenieren. Die Ballonhülle ist aus feinster japanischer lackierter Seide erzeugt.[28])

Quellen: L'Aérophile, Aprilheft 1901.

Das Luftschiff von Henry Deutsch.

Das Ballonluftschiff von Henry Deutsch, des Gründers des 100000 Francs-Preises, welches bis auf den Motor fertig sein soll, hat eine Länge von 60 m. Der Inhalt des Tragballons beträgt 2000 cbm. Der Antrieb für die Propellerschraube, welche einen Durchmesser von 7 m besitzt, wird von einem 60-pferdekräftigen Benzinmotor geliefert. Der Motor soll 900 kg wiegen. Danach würde sich das Gewicht einer Pferdestärke auf 15 kg belaufen. Bei einer Tourenzahl von 140 pro Minute hofft der Erfinder eine Eigengeschwindigkeit von 14 m pro Sekunde oder 50,4 km pro Stunde zu erreichen. Das Luftschiff soll imstande sein, außer dem Führer noch zwei Passagiere mitzunehmen. Mehr ist zur Zeit der Abfassung dieses Buches über das neueste Luftschiff nicht zu erfahren gewesen.[29])

Zweites Kapitel.

Über die Geschwindigkeit und die Richtung des Windes im allgemeinen. — Über die Zunahme der Windgeschwindigkeit mit der Höhe. — Über die Änderung der Windrichtung mit der Höhe. — Über den Einfluss des Windes auf die Ballonbahn.

Über die Geschwindigkeit und die Richtung des Windes im allgemeinen.

Zur Beantwortung der Frage, welche Eigengeschwindigkeit man einem lenkbaren Ballon geben müsse, damit er erfolgreich den größten Teil des Jahres fahren könne, ist es notwendig, jene Geschwindigkeiten und Richtungen kennen zu lernen, mit welchen der Wind in den verschiedenen Höhenlagen den größten Teil des Jahres weht.[29a])

Lenkbare Ballons werden sich in der Regel nur zu unbedeutenden Höhen erheben, weil mit der Höhe die Luft noch dünner, also weniger tragfähig wird, und weil der Wind mit zunehmender Höhe ganz bedeutend stärker blässt als unten. Bei Tag und Nacht wechseln oft die Windgeschwindigkeiten. Nie weht der Wind, weder der Richtung noch der Stärke nach, konstant. Stets sind Fluktuationen bemerkbar.

Leider sind unsere Kenntnisse von den Gesetzen, denen die Geschwindigkeiten des Windes unterworfen sind, noch recht dürftig, was seinen Grund in der Unzulänglichkeit des Beobachtungsmateriales hat. In meiner Broschüre »Über Ballonbeobachtung und deren graphische Darstellung, mit besonderer Berücksichtigung meteorologischer Verhältnisse« zeigte ich an einem ausgeführten Beispiele, in welcher Weise selbst rein sportliche Ballonfahrten — und die meisten bis heute unternommenen Ballonfahrten, inkl. der militärischen, lassen sich im Großen und Ganzen in diese Kategorie einteilen — zur Erforschung der Windgeschwindigkeiten der Atmosphäre auszunützen wären. Man scheute aber meist die damit verbundene kleine Mühe der Aufzeichnung im Ballon, und so kommt es, dass hunderte von Ballonfahrten jährlich gemacht werden, aus denen die Wissenschaft gar keinen Nutzen zieht.

Den Luftozean müssen wir uns als ein in steter Bewegung befindliches, wogendes Meer vorstellen (Figur 37), das gleich dem Wassermeere Ebbe und Flut besitzt, das wie jenes konstante Strömungen, also primäre, ebenso aber auch sekundäre und tertiäre aufweist.

Nur selten gelingt es, die tertiären Luftströmungen, die zu kennen besonders für die Aviatik sehr wichtig wäre, zu beobachten, weil sie sich zumeist unserer direkten Beobachtung entziehen. In welch' intensiver Form sie aber manchmal auftreten können, ergiebt sich aus der Figur 37, welche eine merkwürdige Form von Hagelwolken, die Baurath Streit zu Venedig im Jahre 1895 beobachtet hat, darstellt. Man bemerkt leicht eine vertikal aufsteigende Luftströmung, die besonders bei Cumulusbildungen öfter vorkommen. Auch gelegentlich einer Ballonfahrt im Jahre 1888, die ich mit Leutnant Groß unternommen habe, wurden wir durch eine aufsteigende Luftströmung rapid aus dem Ballongleichgewichte gebracht und

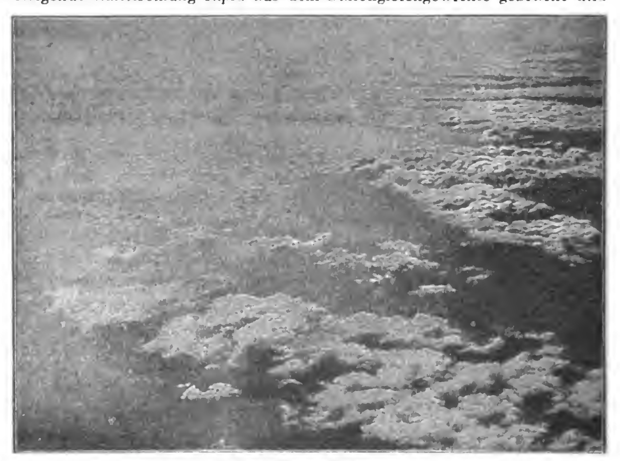


Fig. 36. Wolkenbild vom Ballon aus gesehen.

stiegen mit unheimlicher Schnelligkeit aufwärts durch eine dichte etwa 1000 m starke Wolkenbank hindurch, wobei der Ballon ganz entgegen sonstigen Beobachtungen so stark gondelte, dass wir uns mit beiden Händen fest an das Tauwerk klammern mussten. [30])

Die sekundären Luftströmungen, d. h. besonders die Fluktuationen des Windes, sind sehr rasch wechselnder Art, sowohl inbezug auf ihre Richtung, als auch inbezug auf ihre Geschwindigkeit. Sie sind von Lilienthal, Langley und Wellner näher, aber nicht erschöpfend beobachtet worden. Wir wissen aus deren Beobachtungen, dass der Wind innerhalb einer Minute oft ganz bedeutend seine Richtung (um 8—10° positiv und negativ) und ganz erheblich auch seine Geschwindigkeit ändern kann und ändert. Die Geschwindigkeits- und Richtungsänderungen nehmen mit der Höhe wohl ab, werden aber nicht

eliminiert. Das stoßweise Vorkommen ist charakteristisch für jeden Wind. Da die Luft etwa 777 mal leichter ist als das Wasser, so verschieben sich ihre Teile natürlich noch viel leichter als die des Wassers. Ein Stoß pflanzt sich viel schneller und weiter fort als im Wasser. Dazu kommt noch der tägliche Wechsel von Tag und Nacht, der damit verbundene Wechsel von Erwärmung und Erkältung, welche es erklärlich machen, dass die Luft niemals zur Ruhe kommen kann. In diesem ewigen Kontraste, in diesem Chaos von Ursache und Wirkung die gesetzmäßige Basis all dieser Vorgänge zu finden, davon sind wir noch weit entfernt.



Fig. 37. Aufsteigende Luftströmung beobachtet an Hagelwolkenbildungen.

In weiterer Folge erweisen sich die Beobachtungsmethoden oft recht unzuverlässlich; wissen wir doch, dass schwacher, aber kalter Ostwind im Winter hinsichtlich seiner Stärke fast durchwegs sehr überschätzt wird, gegenüber einem sommerlich warmen Südwestwind von genau derselben Geschwindigkeit. Anemometrische Registrierungen — die genauesten Windmessungen — sind leider noch äußerst spärlich, und auch diese leiden an manchen Fehlerquellen. So spielt die Art der Aufstellung der Instrumente über ihrer nächsten Umgebung, die Höhe über dem Erdboden,

die Ungleichmäßigkeit der Redaktion in der Aufzeichnung des Robinsonschen Schalenkreuzes, Änderungen in der Höhe der Aufstellung der Anemometer, direkte Instrumentenfehler und andere bei der Vergleichung der verschiedenen Angaben eine wichtige Rolle.

Speziell die Aufstellung der Anemometer in verschiedenen Höhen erschwert eine allgemeine Behandlung dieser Frage sehr. Aber dieser Einfluss der Höhe des Anemometers über dem Erdboden lässt sich nicht eliminieren. Wie stark die hier mitspielenden Faktoren sind, lässt sich aus nachstehender Tabelle leicht entnehmen.

		Mittlere jährliche Windgeschwindigkeit (m per Sek.)
Straßburg 1892—94	Wasserturm (52 m)	4,2
	Münsterspitze (144 m)	5,9
St. Louis (Jersey) 1896	Observatorium (63 m)	4,7
	Turm (112 m)	6,7
Paris (1889—94)	Bureau central météorol. (21 m)	2,1
	Eiffelturm (305 m)	8,6
Chicago	1872—86 (32 m)	4,2
	1887—89 (47 m)	4,6
	1890—94 (83 m)	7,8
Zi-ka-wei	1875—83 (12 m)	3,6
	1884—93 (41 m)	5,9

Der störende Einfluss lokaler Verhältnisse, sowie die mit Ort und Jahreszeit wechselnden Reibungswiderstände treten in den höheren Schichten der Atmosphäre sehr zurück, sodass wir für diese eine einfachere jährliche Periode der Windgeschwindigkeit, ebenso wie einen engeren Zusammenhang derselben mit den Luftdruckverhältnissen erwarten dürfen. Die folgende Tabelle zeigt, dass es in den höheren Schichten oberhalb 300 m eigentlich nur ein einziges Gesetz der jährlichen Periode der Windgeschwindigkeit zu geben scheint; denn die kleinen Verschiedenheiten zwischen den einzelnen Stationen dürften später, bei Zugrundelegung längerer Beobachtungsreihen, fast ganz verschwinden. In der freien Atmosphäre giebt es nur ein Maximum im Januar und ein Minimum im Sommer. Bekanntlich hat das Barometer genau den entgegengesetzten Gang.

Jährliche Periode der Windgeschwindigkeit in den höheren Schichten der Atmosphäre (m per Sek.).[30a]

Beobachtungsort	Höhe in Meter	Jan.	Febr.	März	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Nov.	Dez.	Jahr
Eiffelturm	305	10,5	9,9	9,4	8,2	8,1	7,5	7,7	7,9	7,7	9,3	8,7	8,7	8,6
Ben Nevis	1343	10,9	10,4	9,1	8,2	7,5	7,2	6,3	6,3	7,2	8,5	9,6	9,4	8,4
Mt. Washington	1950	19,5	19,2	17,3	14,1	13,3	13,5	12,8	12,7	14,2	14,3	15,9	17,5	15,0
Obir	2140	5,4	4,7	4,3	3,6	3,7	3,6	3,2	3,3	3,3	3,9	4,3	4,2	4,0
Säntis	2500	8,8	8,8	7,8	6,1	6,6	6,5	8,0	7,8	7,1	7,9	8,0	8,8	7,7
Sonnblick	3105	8,8	8,2	8,9	7,2	6,4	7,0	6,6	7,8	6,9	7,5	7,1	7,5	7,5
Pikes Peak	4308	11,8	11,3	11,1	9,5	9,2	8,4	5,6	5,5	7,4	9,5	10,6	10,5	9,2

Es seien nun noch die Windgeschwindigkeiten einiger europäischer Stationen angeführt.[30b])

Mittlere Windgeschwindigkeit in m per Sek. nach Beobachtungen am Anemometer.

Beobachtungsort	Jan.	Febr.	März	Apr.	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Nov.	Dez.	Jahr
Lissabon	4,7	4.8	5,7	5,2	5,1	5,4	5,9	5,4	4,7	4.4	4,6	4,7	5,0
Madrid	3,9	4,3	5,1	5,3	4.7	4.6	4,5	4,3	4,1	4,0	3,8	3,9	4,4
Lyon	3.2	3,8	4.9	4,4	3,9	3,4	3,4	3,1	3,0	3,4	3,1	3,6	3,6
Liverpool	7.5	7.5	7.5	6.7	6,4	5,7	5,5	5,8	6,4	7,3	7,6	7,2	6.8
Valentia	8,9	8,0	6.8	6.9	6,6	6.2	6,3	7,1	6,8	7,1	7,8	8,9	7,4
Upsala	4.1	4.1	3.9	3.8	4.0	3.6	3,3	3,2	3.4	3.7	3,8	3,8	3.7
Kiel (Sternwarte) . . .	6.0	6.6	7.0	5,6	5,8	5.2	5,3	5,5	5.2	6.2	6,3	6,5	5.9
Kiel (Physikal. Institut).	2,0	2,2	2,3	2,1	2,1	2.0	1,8	1,8	1,6	2.1	2,0	2,1	2,0
Hamburg	6.4	6.4	6.5	5,5	5.6	5,3	5,3	5,5	5,2	6,3	6,4	6,6	5,9
Helgoland.	4,6	4.2	4,3	3.5	3.2	3,1	3.1	3,6	3,8	4.7	4.8	4.7	4,0
Berlin	5,3	5.4	5,6	5.0	5,0	4.7	4.6	4,5	4,3	5,1	4,7	5.3	5.0
München	1.4	1,8	1.9	1.6	1,6	1,6	1,5	1,3	1,2	1,5	1,6	1,6	1,6
Bern	1.2	1,3	1,9	1.6	1,5	1,3	1,2	1,0	0,9	1,2	1,4	1,3	1,3
Brüssel	3,7	3.9	3,9	3,6	3.5	3,0	3,3	3,3	2,9	3,4	3,9	3,9	3,5
Alexandria	0,7	1.0	1,2	1,6	1,7	1.6	1,5	1.2	1,1	1.0	0.9	0,9	1.2
Mailand.	1,3	1,7	1,9	2,1	2,0	2,0	1,9	1,8	1,6	1.5	1.2	1,4	1,7
Rom	2,3	2,1	2.6	2,2	2,3	2,3	2.4	2,3	2,1	2,1	2,3	2,4	2,3
Malta	5,1	5.0	4.9	5.3	4.9	3.9	3,7	3,3	3,5	4,1	4.2	5,0	4,4
Pola	4,9	4,7	5,3	4,9	4,5	3,8	3,8	3,9	4,3	4,9	4.7	4,7	4,5
Wien	5,1	5,3	6.2	5.1	5,2	5,2	5,5	4,8	4,6	4.6	4.7	4.9	5,1
Prag	2,1	2,4	2.6	2.2	2,2	2,2	2,1	2,1	2,0	2,1	2,1	2,3	2,2
Krakau	2.1	2,5	2.7	2,4	2.2	2,0	1,8	1,7	1.6	2,0	2,0	2,1	2,1
Bukarest	4.9	4.9	4.8	4.7	3.9	3.4	3,9	2.9	3.0	3,3	3,9	3,9	3,9

Wir ersehen daraus für unsere Zwecke vor allem, dass die Durchschnittsgeschwindigkeit des Windes im Jahre über einzelnen Orten, resp. Landstreifen, eine sehr wechselnde Größe repräsentiert. So ist die Jahresgeschwindigkeit für Prag, etwa 2,3 m, kaum etwas größer als in Krakau oder Rom; in Mailand noch kleiner.[31])

In Wien und in Berlin dagegen ist dieser Wert noch mehr als 2,2 mal so groß und in Hamburg etwa 3 mal so groß. Dies sind aber nur die Werte dicht über dem Erdboden. Wir wissen ganz allgemein, dass der Wind mit der Höhe zunimmt, aber das Gesetz, nach welchem sich dies vollzieht, war uns bis vor sehr kurzer Zeit gänzlich unbekannt und ist auch heute noch nicht völlig entschleiert, wenn wir auch viel mehr darüber wissen, als vor noch ganz kurzer Zeit. Die Wichtigkeit dieses Themas für Ballonfahrten gebietet mir, die Ergebnisse der neuesten Forschungen auf diesem Gebiete unten näher auszuführen.

Die Stärke des Windes hat nahe der Erdoberfläche eine ausgesprochene tägliche Oscillation. Ihr Gang ist nach Hann klar durch folgende Ausführungen charakterisiert.

In der Nacht ist der Wind am schwächsten, vielfach herrscht dann völlige Windstille. Von 7 Uhr morgens an frischt der Wind auf, überschreitet nach 9 Uhr vormittags das Tagesmittel seiner Stärke. Letztere nimmt nun sehr rasch zu, so dass schon bald nach Mittag, durchschnittlich etwa um 1 Uhr, also vor dem Eintritt des Temperaturmaximums, das Maximum der Windstärke erreicht wird. Dann nimmt die Windstärke wieder ab und sinkt schon nach 6 Uhr abends wieder unter das Tagesmittel. An manchen Orten tritt am späten Abend ein kleines sekundäres Maximum auf.

Besonders charakteristich ist folgendes: Die Windstärke bleibt etwa 15 Stunden **unter** dem Mittel und erhebt sich nur 7 Stunden **über** dasselbe.

Die tägliche Variation der Windstärke zeigt sich abhängig von der Jahreszeit und von der Witterung. Die Amplitude derselben ist im Winter am kleinsten, in der wärmeren Jahreszeit am größten. Sie ist über dem Meere am kleinsten.

Die tägliche Variation der Windstärke scheint von dem Grad der Himmelsbedeckung abhängig zu sein, sie nimmt ab mit zunehmender Bewölkung und ist an heiteren Tagen am größten.[32])

Die Winde jeder Richtung unterliegen in Bezug auf ihre Stärke der gleichen täglichen Periode.

Doch sind die Winde, welche zumeist heiteres, trockenes Wetter bringen, d. h. bei uns die Ostwinde, der täglichen Stärkeänderung am meisten unterworfen, sie schlafen abends ganz ein und wehen dagegen nachmittags oft mit stürmischer Heftigkeit. Bei den stärkeren, häufiger trüben und feuchten Westwinden macht sich die tägliche Periode weniger auffallend bemerkbar.

Die so regelmäßige und stark ausgeprägte tägliche Periode der Windgeschwindigkeit, mit ihrem Maximum bald nach Mittag und Luftruhe während der Nacht, erweist sich nur als eine auf die untersten Luftschichten beschränkte Erscheinung, welche selbst im Sommer über eine Höhe von etwa 100 m über den Erdboden nicht hinausreicht; im Winter aber schon in 40—50 m über dem Boden jenem an der Erdoberfläche entgegengesetzt verläuft.[33])

Auf dem Eiffelturme in 305 m Höhe über dem Boden ist der tägliche Gang der Windstärke jenem an der Erdoberfläche gerade entgegengesetzt. In Paris (21 m) ist bei Tage von $8^1/_2$ a. bis gegen 7 Uhr p. in allen Jahreszeiten die Windstärke über dem Tagesmittel; auf dem Eiffelturm aber unter dem Tagesmittel: im Winter von $9^1/_2$ a. bis 6 Uhr p., im Frühling und Sommer von 6 Uhr a. bis 6 Uhr p. und im Herbst von $7^1/_2$ Uhr a. bis 6 Uhr p. m. Die große relative Ruhe der

Luft in 300 m über dem Boden im Winter von 11 Uhr vormittags bis 5 Uhr abends ist sehr bemerkenswerth*).

H. Meyer hat die Häufigkeit der verschiedenen Windstärken aufgesucht und selbe mit dem Mittelwert verglichen. Es zeigt sich, dass die **mittlere** Windgeschwindigkeit (wenigstens für Keitum) mit der **häufigsten** nahe zusammenfällt, aber der Abfall der Häufigkeitskurve ist nach der Richtung zunehmender Stärke viel weniger steil, als nach der anderen Seite.

Häufigkeit verschiedener Windstärken zu Keitum (5 Jahre). Windstärke nach der Beaufort-Skala geschätzt:[34])

Stärke geschätzt. .	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Mittel
Häufigkeit in Proz..	3,0	21,8	20,7	**23,5**	15,3	9,3	3,8	1,8	0,6	0,2	2,8

Es sind zwei Scheitelwerte vorhanden bei Windstärke 1 und bei 3, der Hauptscheitel fällt aber mit der mittleren Windstärke nahe zusammen; für kleinere Zeitabschnitte (wie für die Jahreszeiten in der Tabelle von Meyer), ist dies viel genauer der Fall als in der Jahressumme.[35])

Die Windgeschwindigkeit wird durch die Unebenheiten der festen Erdoberfläche sehr stark verringert. Die Windgeschwindigkeit ist um so größer, je flacher, ebener das Land ist; Bäume, namentlich Wälder, schwächen die Winde. Nur über dem glatten Steppenboden oder der baumlosen Hochebene können die Stürme ungehindert ihre volle schädliche Kraft entfalten, Wälder wirken wie Schutzwände.

Den geringsten Widerstand findet die Luftbewegung über den Wasserflächen, die Windgeschwindigkeit ist deshalb unter gleichen Verhältnissen über den Meeren und an flachen Küsten am stärksten, aber selbst eine flache Küste hemmt den Wind in den unteren Schichten schon merklich.

In Bergländern ist die Windgeschwindigkeit örtlich sehr verschieden, ebenso die Windrichtung. Hinter Bergrücken kann fast völliger Windschutz bestehen (z. B. in Arco, Meran, Davos), in manchen engen Thälern dagegen, die eine hierfür günstige Richtung haben, kann der Wind leicht zu Sturmstärke anwachsen. Wenn der Wind eine steil abstürzende Bergwand ziemlich senkrecht trifft, wird derselbe zuweilen am oberen Rande derselben gar nicht gefühlt, man kann mitten im heftigen Sturme auf freier Bergeshöhe Windstille haben. Der Luftstrom geht dann in einem Bogen über den Berggipfel hinweg. Dieses Phänomen kann man auf Helgoland oft beobachten.

Über Wasserflächen ist die Windgeschwindigkeit größer als gleichzeitig am Ufer über dem Lande. Sehr schön zeigen dies die anemometrischen Aufzeichnungen zu Chicago und draußen im Michigan-See.

---

*) S. auch: Hann, Lehrbuch der Meteorologie, 1901, S. 371—484: »Die Erscheinungen der Luftbewegung (dynamische Meteorologie)«.

Das Anemometer zu Chicago ist 31,4 m über dem Boden aufgestellt; in 5 km Entfernung davon in E.N.E. befand sich auf einem Gebäude im See nur 11,3 m über der Wasserfläche ein zweites Anemometer. Im Mittel war die Windgeschwindigkeit über dem See 1,6 mal größer als über der Stadt, in den Nachtstunden sogar doppelt so groß. Die tägliche Variation der Windstärke ist dafür über dem See nur halb so groß als über der Stadt.

Die Winde, die vom Lande kommen, sind schwächer als jene, die über das Meer herkommen.

Schon Hamberg hat gefunden, dass bei heftigen Winden das Maximum der Windstärke früher eintritt, als an ruhigen Tagen. Eine eingehendere Untersuchung des täglichen Ganges der Windstärke bei stürmischen Winden hat für Wien, Lesina und Tarnopol das Resultat geliefert, dass unter diesen Verhältnissen das Maximum der täglichen Windstärke um ca. 2 Stunden früher eintritt als bei schwachen Winden.

Die jährliche Periode der Windgeschwindigkeit ist nach den Klimagebieten recht verschieden und unterliegt zudem örtlichen Einflüssen in erheblichem Maße. Eine ähnliche Übereinstimmung wie bei dem Ablauf der täglichen Periode des Windes über allen Landflächen ist bei der jährlichen Periode durchaus nicht zu finden.

Hellmann kommt zu folgenden allgemeinen Sätzen über die jährliche Periode der Windstärke (Met. Ztschr. XXXII, 1897, S. 321):

»1. In der jährlichen Periode fällt das Maximum der Windstärke in den höheren Breiten und in Küstengebieten, die im Luv (auf der Windseite) liegen, auf die kalte Jahreszeit, während es im Binnenlande einem der Monate März bis Juli angehört. Der Eintritt des Maximums der Windgeschwindigkeit entspricht gewöhnlich auch dem des Maximums der Stürme.

2. Das Maximum der Windgeschwindigkeit fällt bei jenen Inlandstationen, welche ein Frühjahrsmaximum haben, gewöhnlich auf den August oder September, während es an den Küstengebieten mit winterlichem Maximum schon früher, im Juni oder Juli eintritt.

3. Die Größe der Jahresschwankung der Windstärke ist an den Küsten größer als im Binnenlande, am größten aber in den Gebieten mit streng periodischen Winden (Monsunen).

4. Die anemometrischen Aufzeichnungen auf den Berggipfeln geben im allgemeinen ein Maximum um die Wintermitte und ein Minimum im Sommer.«

Im allgemeinen nimmt nach Hellmann die Windgeschwindigkeit mit wachsender geographischer Breite zu, von der Küste nach dem Innern der Länder jedoch ab. Außerdem bewirkt der Wechsel der Jahreszeiten eine regelmäßige Verschiebung des Windsystems, so dass dies zugleich mit der heißesten Gegend der Erde im Nordsommer (Juli) gegen die nördliche und im Nordwinter (Januar) gegen die südliche

Erdhälfte vorrückt. In dem jeweils heißesten Erdgürtel am Äquator liegt die Zone der Calmen, in welcher häufige Windstillen herrschen, weil der aufsteigende Strom jener Gegenden nicht als Wind empfunden wird. Diese Gegend ist beiderseits von denjenigen Streifen begrenzt, in welchen die Passatwinde wehen, nämlich die nördlich von den Calmen aus Nordost, südlich davon aus Südost regelmäßig fließenden Strömungen, welche mit den Calmen die schon erwähnte nordsüdliche jährliche Schwankung zeigen und sich durchschnittlich bis beinahe 30° nördlicher und südlicher Breite erstrecken.

Außerhalb der Passatzonen und nahe an den Wendekreisen findet sich beiderseits eine Gegend häufiger Windstillen, und von dort nach höheren Breiten hin wehen mannigfache Winde, bei denen aber die westliche Herkunftsrichtung vorherrscht.[36]

Von dieser regelmäßigen Windverteilung finden sich aber auch recht häufige Abweichungen vor, durch ungleichmäßige Verteilung von Land und Wasser bedingt.

So bemerken wir z. B. an der Küste bei Tage den Wind von der kühleren See, Nachts von dem jetzt kühleren Lande wehen, wobei die von der Erddrehung herrührende Ablenkung ebenfalls mitwirkt, sofern es sich nicht um ganz eng begrenzte örtliche Vorgänge handelt.

Auch die Berg- und Thalwinde gehören hierher.

Bei Ballonfahrten an einer Küste hat man schon öfter die Erfahrung gemacht, dass die Seebrise sich nur bis zu einer gewissen nicht beträchtlichen Höhe hinauf erstreckt. Darüber weht der Wind vom Lande gegen die See hinaus. Am unangenehmsten hat dies ein Luftschiffer in Madras erfahren, der erwartete, von dem Seewind landeinwärts getragen zu werden, aber bald in die obere Strömung gerieth und auf das Meer hinaus getrieben wurde. Tissandier wurde mehrmals an der französischen Küste in der Höhe von einem S.E. auf den Kanal hinausgetrieben, konnte aber, indem er den Ballon 400 m senkte, mit dem unteren Seewind wieder das Land erreichen.

Die Höhe der Seebrise bei Toulon wurde am 16. und 18. Oktober 1893 nachmittags bei Ballonfahrten zu rund 500 m gefunden, darüber wehte der Wind auf das Meer hinaus.

Im August 1879 wurden auf Coney Island bei New-York spezielle Untersuchungen über die Höhe der Seebrise mittelst Fesselballon angestellt.[37] Es ergab sich, dass dieselbe im Mittel bis zu 150 bis 200 m reichte, von 240 bis gegen 400 m war der Wind stets von N.W., unten zwischen S.E. bis S.W.

Der Landwind scheint durchschnittlich viel schwächer aufzutreten als der Seewind.

In allen Bergländern der Erde ist die Erscheinung eines täglichen Wechsels entgegengesetzter Windrichtungen bekannt. Tagüber, etwa von 8—10 Uhr vormittags an bis Sonnenuntergang, weht der Wind thalaufwärts, in der Nacht stellt sich ein entgegengesetzter Wind

ein, der gegen den Ausgang der Thäler hin gerichtet, also ein hinabwehender Wind ist und noch einige Zeit nach Sonnenaufgang andauert, bis das Thal sich wieder erwärmt hat.

Über das für die ausübende Luftschiffahrt so wichtige und von der Meteorologie leider noch sehr stiefmütterlich behandelte Kapitel der **Häufigkeit der Windstärken** nachstend einige Daten.

Nach 30jährigen von Satke in Tarnopol gemachten Beobachtungen wehen daselbst an 37 Tagen des Jahres stärkere Winde als 6 (Beaufort-Skala — Met. Ztschr. 1893 p. 106), d. i. an 10,2% Tagen im Jahr ist der Wind zeitweise stärker als 15 m. p. s.

In Brüssel fand Lancaster in einer Zeitperiode von 7 Jahren, dass an 7 Tagen im Jahre der Wind zeitweise eine größere Geschwindigkeit als 20 m. p. s. besitzt. Es gab das innerhalb der 7 Jahre 139 Tage oder 2%. Davon entfielen auf November bis März 97 Tage (Met. Ztschr. 1896 p. 13).

Sehr interessant ist auch folgende Tabelle, welche der gleiche Autor aus einer 12jährigen Beobachtungsreihe 1878—1890 (Meter per Sekunde) für Brüssel giebt.

	Mittel	Mittleres Tagesmittel	Absolutes höchstes Tagesmittel	Absol. Max. in 10 Min.
Januar	3,7	8,4	11,2	25,2
Februar	3,6	8,2	11,4	17,3
März	3,9	8,2	10,5	17,0
April	3,6	7,1	10,6	13,6
Mai	3,5	6,6	8,2	13,3
Juni	3,0	5,6	7,4	11,7
Juli	3,3	6,2	8,4	12,3
August	3,3	6,9	8,7	14,2
September	2,9	6,2	8,6	14,2
Oktober	3,4	7,8	**11,5**	19,9
November	3,9	8,6	11,0	20,3
Dezember	3,9	**8,7**	11,8	19,7
Jahr	**3,5**	10,3	11,8	**25,2**

Aus 15jährigen Beobachtungen in Pola fanden Kneusel-Herdlizka (Met. Ztschr. 1891 p. 414), dass die Häufigkeit der Stürme von 50 km p. Stunde und darüber im Jahresmittel 308 Stunden betragen habe, d. h. an 3,8% der Zeit wehen Stürme, welche mehr als 14 m. p. s. Geschwindigkeit besitzen.

Zusammenstellung der **Häufigkeit starker Winde** in Stunden und Prozenten in Lesina und Pola.

	Lesina		Pola		
	Stunden	% der Stunden des Monates	Stärkerer Wind als 14 m. p. s. In x Tagen wehte	wehte durch x Stunden	Prozentuelle Verteilung der Dauer der starken Winde
Januar	45	6,0	6,9	41,6	14
Februar	33,3	4,9	3,5	17,5	6
März	62,9	8,3	**7,8**	**49,8**	**17**
April	**79,6**	11,0	5,3	25,0	9
Mai	61,5	8,1	**5,5**	33,7	**12**
Juni	24,5	3,4	1,9	4,0	1
Juli	14,8	2,0	1,8	6,9	2
August	**14,5**	2,0	2,2	7,0	2
September	21,9	3,0	3,7	17,1	6
Oktober	51,1	6,8	5,3	29,5	10
November	59,8	8,3	5,4	29,0	10
Dezember	49,5	6,6	6,0	33,6	11
Jahresmittel	518,1	**5,9**	55,3	637	8,4 (**15**
Quelle	Hann, Met. Ztschr. 1898 p. (87).		K. k. hydrograph. Amt in Pola aus 11jährigen Beobachtg. nach Met. Ztschr. 1888 p. 241.		

Während 11 Jahre erreichte der Wind in Pola einmal eine Geschwindigkeit von 35 m. p. s. und nur an einem einzigen Tage wehte der Wind durch volle 24 Stunden hindurch in einer Stärke von 50 km p. St., d. i. von mehr als 14 m. p. s.[37a])

Auf die einzelnen Windrichtungen verteilt, giebt das folgende Bild die Sturmhäufigkeit (über 14 m. p. s.) in Pola an:

N.	**0,2**	E.	**137,1**	S.	**3,5**	W.	1,3
N.N.E.	1,5	E.S.E.	10,2	S.S.W.	1,5	W.N.W.	1,7
N.E.	11,3	S.E.	32,6	S.W.	0,6	N.W.	0,6
E.N.E.	88,0	S.S.E.	17,0	W.S.W.	0,6	N.N.W.	0,4

Über Lesina ist die Häufigkeit der stürmischen Winde mehr als doppelt so groß als in Pola.

Nach Bebber beträgt die Häufigkeit der Windstillen (Summe aus sechsjährigen Beobachtungen) an der westdeutschen Küste (Borkum, Keitum, Hamburg) und an der ostdeutschen Küste (Kolbergermünde, Neufahrwasser, Memel):



Im	West-	Ost-	d. i. pro 1 Jahr	
	deutsche Küste		West-K.	Ost-K.
Winter	**67**	53	11,2	8,8
Frühling	37	81	6,2	15,1
Sommer	37	**85**	6,2	15,8
Herbst.	52	61	8,7	10,1
Jahr.	193	280	32,1	46,6
In der Periode. .	Tage			

Über die Häufigkeit der verschiedenen Stärken (in Prozenten) im Jahre giebt Bebber folgende Zahlen (nach Beaufort-Skala):[38]

Stärke	Nordsee	Ostsee	Mittel
1—2	39	41	41
3—4	44	41	41
5—6	14	15	15
7—8	3	3	3
	0,3	0,4	0,4
Zusammen	100	100	100

Hugo Meyer stellt folgende Tabelle auf, aus der ersehen werden kann, dass die häufigste Windgeschwindigkeit keineswegs mit der mittleren Windgeschwindigkeit identisch ist.

	Windgeschwindigkeit (m. p. s.)	
	häufigste	mittlere
Winter	3—4	5,9
Frühling . . .	5—6	5,6
Sommer. . . .	3—4	5,1
Herbst.	4—5	5,6
Jahr	4—5	5,6

(Met. Ztschr. 1891 p. 11.)[39]

Nach Bötge war die mittlere jährliche Zahl der Sturmtage nach einer neunjährigen Beobachtungsreihe von Sturmtagen, an welchen Stürme von 8 und mehr (Beaufort) wehten:

an der Nordsee 26,6 Tage
» » westlichen Ostsee 33,5 »
» » mittleren » 37,0 »
» » östlichen » 39,6 »

Interessant ist die Änderung der Häufigkeit der Stürme von Jahr zu Jahr. Die Zahl der Sturmtage war:

Im Jahre	roh	ausgeglichen	Im Jahre	roh	ausgeglichen
1878	62	60	1883	42	42
1879	55	59	1884	**31**	35
1880	60	60	1885	45	40
1881	**65**	61	1886	41	47
1882	56	55	1887	63	52

Auf die Monate entfallen nachstehende Prozente der Jahressumme:

Januar . .	13,0	Mai	5,2	September.	6,5
Februar . .	8,2	Juni. . . .	3,2	Oktober . .	14,0
März . . .	13,6	Juli	2,7	November .	10,8
April . . .	3,4	August . .	6,3	Dezember .	13,1

Baensch giebt die Häufigkeit der extremen Winde zu Rügenwaldermünde folgendermaßen an (Met. Ztschr. 1875 p. 32):

	Dezbr	Jan.	Febr.	März	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Oktbr.	Novbr.
Relative Häufigkeit der stürmischen Winde												
Prozent . .	**11**	10	9	9	7	6	**5**	8	8	8	9	10
Windstille Tage												
Summe . .	5	5.	4	7	5	2	3	**1**	2	**9**	6	13

Lang stellt nach Beobachtungen der meteorologischen Stationen des Königreiches Bayern VII, 1885, München 1886, folgende Tabelle der Häufigkeit der Winde in den verschiedenen Jahreszeiten auf (in Tagen pro Jahreszeit).[40])

Windgeschwindigkeit m. p. s.	0,0—0,4	0,5—0,9	1,0—1,4	1,5—1,9	2,0—2,4	2,5—2,9	3,0—3,4	3,5—3,9	4,0—4,4	4,5—4,9	über 5,0
Winter . .	14	20	15	13	6	7	4	3	3	2	5
Frühling. .	3	13	20	20	14	9	6	3	2	0	2
Sommer . .	2	10	22	**23**	16	8	5	3	1	1	1
Herbst. . .	5	20	19	17	13	6	6	3	1	1	1
Jahr. . . .	23	63	76	73	50	29	20	12	7	4	10

Buchan hat auf der $3^1/_2$jährigen Fahrt des Challenger an 1202 Tagen täglich je 12malige Windbeobachtungen gemacht und als deren Resultat gefunden m p. s. (Met. Ztschr. 1883 p. 249): [41])

Mittl. stündl. Geschwindigkeit	N. Atlantic	S. Atlantic	N. Pacific	S. Pacific	Südsee
Offenes Meer . . .	**9,2**	**9,3**	**7,3**	**8,2**	**11,8**
In d. Nähe d. Landes	7,5	7,4	4,9	5,6	8,9
Maxim. } bei Land	8,5	8,2	5,9	6,9	10,5
Minim. } bei Land	6,5	6,5	5,0	4,7	7,2

Auch die **Kenntnis der Windrichtung** ist für den ausübenden Luftschiffer von der größten Bedeutung.

Die Richtung des Windes wird im wissenschaftlichen und praktischen Verkehr nach den Weltgegenden, **aus** welchen der Wind kommt, benannt und schwankt im horizontalen und vertikalen Sinne.

Bekanntlich befindet sich nicht nur die feste Erde, sondern auch die sie umgebende Lufthülle in steter Rotation. Fließt die Luft von den Orten höheren Druckes nach den Orten niederen Druckes, so kann sie dies nicht direkt thun, also nicht in der Richtung der Gradienten,[42]) sondern wird infolge der Erdrotation abgelenkt.[43]) Hierbei erleidet sie auch wegen der Reibung Widerstände, resp. Verzögerungen.

Der Reibungskoeffizient schwankt zwischen 0,00002 bis 0,00012 (See und Land) nach Geld und Mohn. Die Größe des Ablenkungswinkels ist bei verschiedenen Breiten auch verschieden.

Die Abhängigkeit der Windrichtung von der Erdrotation, deren nähere theoretische Begründung man in van Bebbers Meteorologie nachlesen wolle, drückt das Buys-Ballotsche Gesetz nachfolgend in Worten aus:

1) Auf der nördlichen Hemisphäre weht der Wind so, dass, wenn wir demselben den Rücken kehren, die linke, etwas nach vorne gerichtete Hand das Gebiet niederen, und die rechte, etwas rückwärts gerichtete, das Gebiet hohen Luftdruckes anzeigt. Für die südliche Hemisphäre sind rechts und links miteinander zu vertauschen. Dabei hängt die Größe des Winkels, den die Windrichtung mit der Isobare des betreffenden Ortes bildet, von der geographischen Breite, der Größe der Reibung und von dem Beschleunigungs- oder Verzögerungszustande der Luftbewegung ab.

2) Unter gleichen Umständen ist die Windstärke um so größer, je größer die am Orte wirksamen, in gleicher Weise gemessenen Druckunterschiede (Gradienten) sind.

»Rings um ein Maximum des Luftdruckes bläst der Wind auf allen Seiten nach außen hin, d. h. auf der Nordseite von Süden aus nach Norden, auf der Westseite von Osten nach Westen, auf der Südseite von Norden nach Süden, auf der Ostseite von Westen nach Osten.

Rings um ein Minimum des Luftdruckes bläst der Wind auf allen Seiten nach innen, auf der Nordseite von Norden, auf der Westseite von Westen, auf der Südseite von Süden, auf der Ostseite von Osten« *).

Im allgemeinen können wir uns vorstellen, dass über eine große Erdstrecke ein Wind von bestimmter Richtung weht. Je näher derselbe der Erdoberfläche kommt, desto mehr unterliegt er dem Einflusse von örtlichen Störungen, und oft werden diese so groß, dass sie die Richtung und den Charakter des Windes gebieterisch beeinflussen.

Den Wind in den oberen Regionen können wir den Hauptwind nennen, den abgelenkten Wind aber als derivierten Wind bezeichnen.

In den meisten Gegenden der Erde giebt es eine Windrichtung, welche zu einer bestimmten Zeit des Jahres am häufigsten auftritt — diese nennt man die vorherrschende Windrichtung. In manchen Gegenden ist diese vorherrschende Windrichtung von einer Häufigkeit, gegen welche alle anderen zurücktreten, in anderen ist sie weniger hervortretend und ausschließlich, oder behauptet sogar nur mit Mühe ihren Vorrang vor den anderen Windrichtungen. In einigen Punkten herrscht dieselbe Windrichtung das ganze Jahr hindurch, an anderen wechselt die herrschende Windrichtung mit den Jahreszeiten.

Man unterscheidet darnach konstante Winde, welche das ganze Jahr hindurch von derselben Seite, mit einer durchaus überwiegenden Häufigkeit wehen, periodische Winde, welche eine überwiegende Häufigkeit haben, aber mit den Jahreszeiten ihre Richtung wechseln, und gewöhnliche vorherrschende Winde.[44])

Aus den früheren Erörterungen geht hervor, dass die rascher bewegten oberen Luftmassen einen größeren Ablenkungswinkel haben, als die unteren, was schon daraus ersichtlich ist, dass der obere Wolkenzug nach rechts vom Unterwinde abweicht. Hieraus folgt, dass bei einem starken vertikalen Luftaustausch in den Mittagsstunden nicht allein die größere Geschwindigkeit der oberen Luftschichten, sondern auch ihre Richtung dem Unterwinde mitgeteilt werden, so dass also eine Ablenkung nach rechts zur Mittagszeit hervorgerufen wird. Auf diese Thatsache hat zuerst Sprung aufmerksam gemacht.

Hann beschreibt die tägliche Periode der Windrichtung folgendermaßen:

»Der Wind scheint sich mit der Sonne zu drehen, er ist vormittags östlich, mittags südlich, abends westlich. Er weht im allgemeinen aus jener Himmelsgegend, wo die Sonne steht, nur bleibt er stets etwas links von der Sonne.«

Richter in Glatz hat aus den Beobachtungen des Wolkenzuges das Resultat erhalten, dass im Sommer sehr entschieden der Zug der unteren Wolken sich tagsüber von N. über E. und S. nach S.W. und W. dreht. Dieser Gang reicht zum Teil bis in die oberen Wolkenschichten hinauf.

---

*) H. Mohn, Grundzüge der Meteorologie, S. 159.

Sprung hat aus der Köppen'schen Theorie der täglichen Periode der Windstärke eine interessante Konsequenz abgeleitet und gezeigt, dass dieselbe sich aus den Aufzeichnungen der Windrichtungen als wahrscheinlich auch vorhanden nachweisen lässt.

Auf der nördlichen Hemisphäre hat auf dem flachen Lande oder auch auf Hochebenen der Wind die Tendenz, des vormittags mit dem Uhrzeiger (also nach rechts), nachmittags gegen denselben umzugehen (sich zu drehen).

Auf Berggipfeln (in jenen Höhen, bis zu welchen der vertikale tägliche Luftaustausch hinaufreicht, müssen wir beisetzen) vollzieht sich eine ähnliche oscillatorische Bewegung der Windrichtung, aber im entgegengesetzten Sinne, vormittags gegen den Uhrzeiger, nachmittags mit demselben.

Auf der südlichen Hemisphäre ist die Richtung der Winddrehung die entgegengesetzte.

Am Äquator werden die Windrichtungen durch den vertikalen Luftaustausch nicht beeinflusst. Auf dem Meere verschwindet mit der täglichen Periode der Windstärke auch diejenige der Windrichtung.

Speziell in unserer Gegend scheint die Windrichtung eine mehr oder minder ausgeprägte jährliche Periode zu besitzen.

Die folgende Tabelle giebt nach Hann die prozentische Häufigkeit der Winde für den größten Teil des europäisch-asiatischen Kontinentes im Winter und die Zu- (+) oder Abnahme (—) der einzelnen Windrichtungen vom Winter zum Sommer.

Winter:

Landstriche, über welchen der Wind weht	N.	N.E.	E.	S.E.	S.	S.W.	W.	N.W.
Westeuropa	6	7	9	11	15	24	18	10
Mittelrussland	8	7	9	14	16	17	17	12
S.- und S.E.-Russland	9	12	19	14	11	11	13	11
Krim	11	18	25	11	7	9	11	8
Nördl. Westsibirien	5	6	4	13	13	**30**	17	12
Turkistan	11	16	22	15	6	6	13	11

Über die Änderung der Windrichtung vom Winter zum Sommer giebt nachfolgende Tabelle Aufschluss.

Sommer:

Landstriche, über welchen der Wind weht	N.	N.E.	E.	S.E.	S.	S.W.	W.	N.W.
Westeuropa	+ 3	+ 1	— 3	— 4	— 5	— 2	+ 2	+ 8
Mittelrussland	+ 4	+ 2	0	— 4	— 6	— 2	+ 1	+ 5
S.- und S.E.-Russland	+ 2	— 1	— 3	— 4	— 1	0	+ 4	+ 3
Krim	— 6	—10	0	+ 2	0	+ 4	+10	0
Nördl. Westsibirien	+ 8	+ 9	+ 2	— 2	— 3	—13	— 7	+ 6
Turkestan	+ 5	+ 6	—12	— 7	0	+13	+13	+ 4

Aus diesen Zahlen folgt, dass in den nördlichen Gebietsteilen die **S.W.**-Winde vorherrschen, in den südlichen Gebieten die **E.**-Winde. Im Sommer werden im Norden die nördlichen und nordwestlichen Winde häufiger, in Nordwestsibirien die nördlichen und nordöstlichen, während in der Krim und im Turkistan die Westwinde stark zunehmen, dagegen die östlichen und nordöstlichen seltener werden.

Bemerkenswert ist, dass in der Höhe die Westwinde jahraus jahrein vorwiegend sind, wie u. a. die Beobachtungen auf Berggipfeln darthun (Pikes Peak Winter = 47%; E. + N.E. = 9%; Sommer W. + S.W. = 50%; E. + N.E. = 15%).

Die Häufigkeit der Windrichtungen ist über einzelnen Orten recht verschieden. So fand man dieselbe beispielsweise in Prozenten in nachstehenden Orten folgendermaßen:[45])

	N.	N.E.	E.	S.E.	S.	S.W.	W.	N.W.	N.	N.E.	E.	S.E.	S.	S.W.	W.	N.W.
	Posen								**Brockengipfel**							
Januar	4	7	15	**13**	**13**	18	15	8	7	6	8	11	9	24	22	12
Februar	5	7	11	9	9	15	20	10	6	5	9	10	7	23	26	14
März	8	8	16	10	11	13	17	10	8	7	9	7	8	22	22	**7**
April	9	11	12	9	9	13	17	10	**9**	**10**	**12**	8	9	20	16	15
Mai	**11**	**13**	12	10	7	10	16	18	8	9	**12**	9	10	16	19	**17**
Juni	10	10	9	8	5	10	18	17	7	6	6	6	9	21	**27**	18
Juli	9	8	6	6	7	15	**22**	**19**	5	5	4	4	8	30	**27**	6
August	9	7	8	8	9	15	**22**	15	5	5	7	7	**12**	**29**	22	13
September	9	8	11	9	9	15	19	11	6	6	8	**11**	10	24	19	16
Oktober	5	8	**15**	12	11	15	16	6	4	5	5	8	10	31	24	13
November	6	8	12	**13**	11	15	15	9	7	5	8	9	8	26	23	13
Dezember	4	8	12	12	15	**20**	15	8	6	6	6	10	10	24	24	14
	Leipzig								**München**							
Januar	3	9	8	11	15	32	13	9	3	9	24	5	3	11	32	5
Februar	4	8	10	10	13	31	14	10	2	10	21	4	2	12	**38**	5
März	6	12	10	8	10	25	14	15	2	10	22	4	2	11	**38**	7
April	**7**	13	11	10	7	19	15	18	4	12	22	3	1	10	34	10
Mai	8	**16**	**12**	10	6	17	13	18	**5**	**17**	21	3	1	9	30	11
Juni	6	9	7	9	7	24	17	21	4	15	17	3	1	10	34	11
Juli	6	7	5	7	7	25	**21**	**22**	4	11	16	3	1	12	36	**12**
August	6	9	6	8	10	26	17	18	4	11	18	3	1	**13**	34	10
September	5	11	10	11	11	24	14	14	4	13	23	3	2	11	30	8
Oktober	4	7	9	**12**	15	**29**	14	10	3	11	**25**	6	2	11	29	6
November	4	9	10	**12**	**17**	**29**	11	8	2	11	23	**7**	3	12	31	5
Dezember	3	8	9	10	**17**	31	13	9	2	9	23	6	3	13	32	4

	N.	N.E.	E.	S.E.	S.	S.W.	W.	N.W.	N.	N.E.	E.	S.E.	S.	S.W.	W.	N.W.
	Wien								**Triest**							
Januar . .	8	5	12	17	**9**	9	24	17	4	**24**	42	10	6	4	5	6
Februar .	9	6	**13**	14	5	8	22	23	9	18	33	8	6	**6**	11	11
März . . .	10	6	9	16	6	8	23	21	5	18	37	**13**	5	5	9	9
April . . .	**13**	7	6	12	8	10	25	19	7	10	37	9	3	5	15	**13**
Mai . . .	10	**9**	9	13	**9**	11	21	18	8	14	35	8	3	5	16	11
Juni . . .	10	7	5	8	6	11	29	23	**10**	11	39	7	2	4	15	12
Juli . . .	8	4	4	7	6	12	**34**	**25**	7	12	36	6	3	**6**	**18**	12
August . .	6	5	7	9	7	**13**	32	21	6	15	40	8	2	5	13	11
September	9	7	8	14	7	11	25	19	5	12	42	9	3	4	14	10
Oktober .	6	8	11	**21**	7	10	21	15	4	20	30	11	4	4	7	7
November	10	5	12	20	6	6	23	17	3	19	**44**	18	5	**6**	4	4
Dezember.	9	4	8	17	**9**	8	25	19	4	22	40	14	**8**	5	5	3
	Paris								**Dublin**							
Januar . .	12	12	7	**11**	16	18	15	9	4	2	10	**9**	10	20	29	8
Februar .	11	9	6	10	19	17	18	10	5	3	11	8	9	18	29	12
März . . .	12	8	7	6	13	17	17	10	6	6	14	6	7	15	27	12
April . . .	**15**	**15**	**9**	8	15	13	14	12	**9**	8	20	7	5	11	21	13
Mai . . .	13	14	8	8	13	18	15	10	**9**	**12**	**22**	6	6	9	20	10
Juni . . .	14	12	5	6	9	20	21	13	8	5	13	7	8	14	26	11
Juli . . .	10	9	4	5	11	21	26	**14**	7	3	9	4	6	14	**31**	**18**
August . .	9	9	6	4	12	**22**	**25**	13	6	3	12	5	6	16	27	16
September	10	13	9	7	16	20	15	10	6	6	14	8	8	14	25	10
Oktober .	8	9	8	10	**20**	19	16	10	8	4	6	7	9	16	31	12
November	6	9	7	10	18	24	17	9	6	2	9	**9**	9	19	31	9
Dezember.	7	12	7	10	17	23	15	9	4	2	8	**9**	**11**	**21**	28	8

Baensch, Studien aus dem Gebiete der Ostsee, entnahm ich folgende Daten (s. auch Met. Ztschr. 1875 p. 32):

Winde zu Rügenwaldermünde an der Ostsee, 54° 27′ N., 16° 23′ E. v. Gr., Beobachtungen 1854 bis 1868, 15 Jahre, täglich dreimal.

Windrichtung	Dezbr.	Jan.	Febr.	März	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Oktbr.	Novbr.
	Häufigkeit in Prozenten											
N.	6	6	7	8	10	10	9	10	11	8	4	8
N.E.	6	6	7	14	22	**35**	**27**	22	18	12	7	8
E.	6	9	11	10	6	7	4	2	2	4	5	9
S.E.	9	12	8	10	5	4	2	2	4	5	15	14
S.	13	11	9	10	3	4	3	5	7	9	17	10
S.W.	**31**	**29**	**26**	**19**	11	6	6	5	8	16	**22**	**29**
W.	18	18	21	18	20	17	23	24	23	**25**	18	14
N.W.	11	9	11	11	**23**	17	26	**30**	**27**	21	12	8

Über die Zunahme der Windgeschwindigkeit mit der Höhe.

Die mit munifizenter Unterstützung von seiten Sr. Majestät des Deutschen Kaisers und Königs von Preußen vom Deutschen Vereine zur Förderung der Luftschiffahrt im letzten Decennium unternommenen wissenschaftlichen Ballonfahrten haben, wie das Berichtwerk von Assmann und Berson über dasselbe kundgiebt (R. Assmann und A. Berson, Wissenschaftliche Luftfahrten, 3 Bände), hochinteressante Aufschlüsse in dieser Beziehung ergeben. Uns interessiert es besonders, Authentisches über die Zunahme des Windes mit der Höhe zu erfahren. Bei den Ballonfahrten ging man von den Anemometerbeobachtungen des meteorologisch-magnetischen Observatoriums von Potsdam aus, welches sich 42 m über dem Erdboden und 122 m über N.N. befindet. Nimmt man die Stärke des Windes auf der Erdoberfläche mit 1 an, so giebt der »Quotient der Windgeschwindigkeit« oder die »relative Windgeschwindigkeit« die Zu- oder Abnahme des Windes in der betreffenden Höhe in Prozenten an.

Es zeigt sich, dass schon in sehr geringer Höhe über dem Erdboden die bekannte Periode der Windgeschwindigkeit unten (Maximum am frühen Nachmittage, Minimum in den Nachtstunden) keine Giltigkeit mehr hat, sondern eher in das Gegenteil umzuschlagen scheint. Die Beobachtungen fußen einerseits auf den Minderwert der Stunde, in welcher die Abfahrt erfolgte, andererseits auf dem Mittelwert des ganzen Tages (bei Nachtfahrt aus den beiden Tagesmitteln gebildet). Die auf diese Weise gewonnenen Werte zeigen eine Gesetzmäßigkeit des Fortschreitens, welche über Erwarten ausgeprägt erscheint. Das Studium der Tabelle S. 204 bis 305 des erwähnten epochalen Werkes (Abschnitt »Windgeschwindigkeit in Relativzahlen«) lehrt, dass die Windgeschwindigkeit schon in den untersten 500 bis 1000 m meist nahezu das Doppelte derjenigen auf der Erde erreicht, und zwar, dass sich hierbei die Werte gewöhnlich nicht viel unterscheiden, ob man das Stunden- oder das Tagesmittel unten zugrunde legt. Hierauf scheint die weitere Zunahme zunächst nicht gerade sehr schnell oder regelmäßig zu erfolgen. Erst in größeren, besonders aber in den größten Erhebungen treten beharrlich sehr hohe Werte der Geschwindigkeitszunahme auf, wie aus der umstehenden Fig. 38 zu ersehen ist.

Im Detail ergiebt sich:

»1. Die Windgeschwindigkeit nimmt alsbald nach dem Verlassen der Erde in den untersten 500 m erheblich zu (auch im Vergleich zu der freien und sehr hohen Potsdamer Aufstellung). Bezogen auf die Werte für den Moment — genauer die Stunde — der Abfahrt ergab sich im Mittel ein Quotient von 1,90 statt 1,77 für die Schichte 0 bis 500 m, also noch ein wenig größer als bei Zugrundelegung des Tagesmittels.

2. Das weitere Wachstum scheint besonders zwischen 500 bis 1500 m ein sehr geringfügiges zu sein. Es ist dies in der Hauptzone der Cumulus-

bildung, welche wohl allgemeiner und kräftiger bei großen Differenzen der Windgeschwindigkeit in den übereinander lagernden Luftschichten nicht zur Entwicklung kommen dürfte.

3. Auch darüber hinaus, bis mindestens 3000 m, ist das Wachstum ein nur wenig rascheres (im Mittel um 0,1 pro 500 m, gegen 0,04 in den unteren Schichten). Es hat dies seinen Grund in den in diesen Schichten hauptsächlichst auftretenden Kondensationserscheinungen, welche auch die anderen meteorologischen Elemente vielfach divergierend beeinflussen. Es hängt mit dem so häufigen Auftreten der Windänderungen und -drehungen in diesen Störungszonen zusammen, wo dann oft zwischen den verschiedenartigen Luftströmungen der Wind gelegentlich selbst bis zur Windstille abflaut.

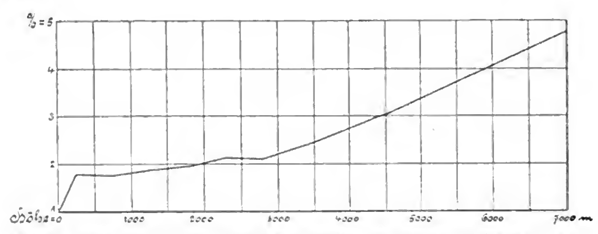


Fig. 38. Gesetz des mittleren Ganges der Zunahme der Windgeschwindigkeit nach »Wissenschaftliche Hochfahrten«.

4. Von 3000 bis 4000 m an beginnt eine rapide Zunahme, sie erreicht jetzt auf 1000 m etwa denselben Betrag, wie darunter auf 3000 m (abgesehen von dem Sprung in den erdnächsten Schichten).

Wenn man sich durchweg auf 1000 m-Zonen beschränkt, so erhält man den nachstehenden Gang:

Mittlere Höhe in Metern	Erde	500	1500	2500	3500	4500	5500
Geschwindigkeit in Relativzahlen .	1	1,75	1,95	2.15	2,5	3,1	4,5

Die fortschreitende Abnahme der Reibung und Dichte der bewegten Massen, welche vor allem die Ursache für das sprunghafte Anwachsen unter 500 und über 3500 m bildet, wird demnach in der etwa 3000 m mächtigen Zwischenzone durch Diskontinuitäten, die in Kondensationserscheinungen und deren Begrenzung ihren Hauptgrund haben, zum großen Teile paralysiert.«

Dies ist der neueste Stand unserer Kenntnisse der Änderung der Windstärke mit der Höhe, über deren Verlauf die Figur 38 noch graphisch nähern Aufschluss giebt.

Bezüglich der **Änderung der Windgeschwindigkeit im Cyclonen- und Anticyclonen-Gebiet** orientiert die graphische Darstellung Figur 39.[45a])

Die obere stärkere Linie der Figur 39 giebt uns ein Bild des Wechsels der Windgeschwindigkeit im anticyklonischen Regime, die untere schwächere Linie ein solches bei cyklonischer Lage, daraus resultieren folgende Unterschiede:

»1. Die relative Windgeschwindigkeit ist im cyklonischen Regime in allen Höhen größer als im anticyklonischen; vor allem ist das sprunghafte Wachstum nach dem Verlassen der bodennächsten Luftmassen im ersteren erheblicher.

2. Darüber hinaus zeigt zwar die Anticyklone einen besonderen Stillstand in der Hauptzone der Cumuli (zwischen den mittleren Höhen von

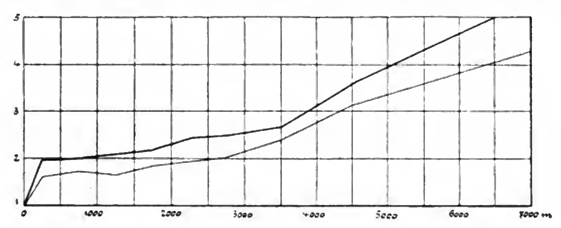


Fig. 39. Graphische Darstellung des vorläufig ermittelten Gesetzes der Zunahme der Windgeschwindigkeit in der Cyklone (obere stärkere Kurve) und in der Anticyklone (untere schwächere Kurve). Nach »Wissenschaftliche Hochfahrten«.

760 und 1250 m), hierauf tritt jedoch in derselben ein verhältnismäßig rascheres Wachstum ein. Im Resultate ist deshalb die Zunahme von 250 bis 2750 m in beiden Systemen prozentuell fast genau gleich (um 37 bis 38% des Wertes bei 250 m) und wird bis 3500 m sogar in der Anticyklone rascher. Bis zu den größten Höhen (6000 m und darüber) ist wieder eine Ausgleichung eingetreten und die Gesamtzunahme von der Schichte 0 bis 500 bis in diese oberste Region ergiebt sich — wenn dies auch nur bei den 10 Fällen Zufall sein kann — als genau die gleiche, nämlich auf ein wenig mehr als das $2^1/_2$fache. Der Unterschied in der ersten Änderung beim Verlassen der Erde bleibt also gewissermaßen dauernd bestehen, wird jedoch relativ nicht weiter verschärft.

Dabei ist nicht zu vergessen, dass es sich überall um die Zunahme zur Erde handelt. Da nun die Geschwindigkeit auf der Erde in den Depressionsgebieten im Durchschnitt erheblich größer ist als in den Hochdruckarealen, so ist dieses in den Höhen um so mehr der Fall. Nur das relative Wachstum wird, abgesehen von der untersten Zone, wie es scheint, ein gleiches.«

Wenn man die beiden Hauptwindrichtungen aus Ost und West betrachtet, so ergiebt sich als Ergebnis der angestellten Ballonfahrten,

dass unten recht frische Ostwinde vielfach nach oben kein Wachstum zeigen, wenn sie als solche anhielten, öfter aber in mäßigen Höhen bereits einer nahezu windstillen Zone Platz machen, über welche dann westliche Luftströmungen einsetzten.

Die untere schwächere Linie des Graphikon (Fig. 40) zeigt das Resultat der Zunahme östlicher Winde mit der Höhe als Ergebnis von 26 bei einem Ostwinde unternommenen Fahrten, davon wiesen nur 7 Fahrten eine reine Zunahme von 1000 m Höhe ab nach oben auf, bei 9 Fahrten blieb der Wind nach oben fast unverändert, und bei ebensoviel stellte sich eine dauernde Abnahme ein. Bei 10 Fahrten — also fast der Hälfte aller in Betracht gezogenen Ostwinde — war der Wind in Höhen zwischen 1000 bis 5000 m teilweise oder anhaltend schwächer als auf der Erde.

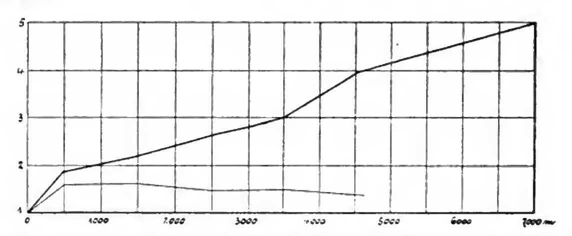


Fig. 40. Graphische Darstellung des vorläufig ermittelten Gesetzes der Zunahme der Windgeschwindigkeit bei östlichen Winden (untere schwache Kurve) und bei westlichen Winden (obere starke Kurve) nach »Wissenschaftliche Luftfahrten«.

Bei Westwinden wurde ähnliches nicht gefunden, sondern fast stets eine recht ausgesprochene und kaum eine Unterbrechung aufweisende Zunahme nach oben, wie die obere stärkere Linie der Fig. 40 zeigt.

Von 30 bei Westwinden unternommenen Ballonfahrten zeigen nur 3 — also ein Zehntel — eine dauernde Abnahme nach oben, 6 — also ein Fünftel — keine wesentliche Änderung, dagegen 20 — d. i. zwei Dritteile aller Fahrten — eine dauernde Zunahme nach oben. Im Mittel stellt sich dieselbe, wie aus der Fig. 40 zu ersehen ist, dar.[46])

Über die Änderung der Windrichtung mit der Höhe.

Ich will nun auch die Ergebnisse der neuesten Forschung über die Änderung der Windrichtung mit der Höhe nach dem früher erwähnten Berichtwerk in seinen wichtigsten Resultaten besprechen, wie sie sich aus seinen Tabellen auf S. 208 bis 209 ergeben, mich dabei aber auf die Gruppierung nach der Druckverteilung unten beschränken. Als Basisrichtung wurde jene Windrichtung, die auf der Erde zur Zeit der Abfahrt

des Ballons geherrscht hat, angenommen, nachdem bei uns für gewöhnlich eine tägliche periodische Änderung der Windrichtung nicht besonders ausgeprägt erscheint. Auch verschiebt sich der nicht lenkbare Ballon, indem er mit dem Winde fährt, fast stets mit dem Aktionscentrum, in dessen Wirkungsbereich er gehört, d. h.: »der Ballon nimmt das Wetter, das er bei seinem Aufstiege gefunden hat, mit«, wie die Luftschiffer zu sagen pflegen.

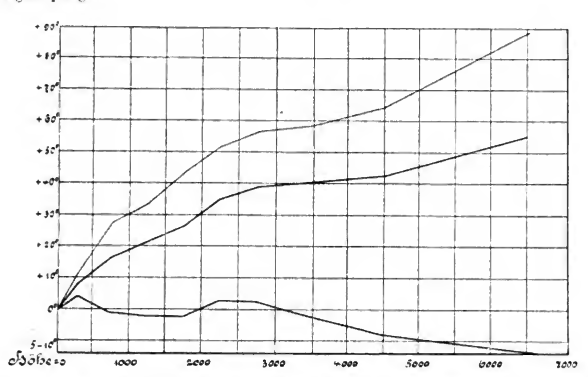


Fig. 41. Graphische Darstellung des vorläufig ermittelten Gesetzes der Änderung der Windrichtung mit der Höhe und zwar: allgemeines Mittel (mittlere Kurve), in der Cyklone (untere Kurve) und in der Anticyklone (obere Kurve). Die Winddrehung ist in Bogengraden angegeben, + Rechtsdrehung, — Linksdrehung.
Nach »Wissenschaftliche Hochfahrten«.

Die Änderung des Azimuthes ist in Graden angegeben und zwar positiv, wenn sich der Wind nach rechts gedreht hat, und negativ, wenn sich der Wind nach links gedreht hat.

In der Fig. 41 giebt die mittlere Kurve den Gesamtdurchschnitt, ohne Unterschied der Wetterlagen, der Winddrehung mit der Höhe an.

Die Rechtsdrehung der Windrichtung mit zunehmender Höhe ist die sehr überwiegende (»bei Eindritteilen aller Fahrten constatierten wir (in 15 von 58 Fällen), dass die Windrichtung mit der größten Höhe nach links abwich«).

Die umstehende Tabelle giebt uns über diese Verhältnisse nähere Auskunft.

Zu beachten ist, dass in unseren Breiten der Ablenkungswinkel vom Gradienten unten schon 50—60° beträgt, es ergiebt sich also auf etwa 2500 bis 3000 m Höhe eine Gesamtablenkung von ca. 90°, d. h. der Wind strömt hier parallel zur Isobare (Isobarenwind).

Mittlere Rechtsdrehung auf 1000 m Stufen	Wurde mit x-Graden ermittelt	Daher Gesamtdrehung gegen die Abfahrtsstelle
1000	15°	15°
2000	12½	27½
3000	11½	39
4000	1	40
5000	3	43
6000	6	49
7000	6	55

Nach Erreichung des Isobarenwindes tritt im allgemeinen ein fast völliger Stillstand in der weiteren Drehung des Windes ein und zwar in der Zone von etwa 3000 bis 4000 m, also in einer Zone (der Kondensationszone), die auch bei der Temperaturverteilung und Windrichtung als eine kritische bezeichnet wird. Sehr schön sagt Berson: »Man könnte verstehen, dass innerhalb jeder der beiden Höhenzonen: unter 3000 bis 4000 m, gekennzeichnet durch langsamere Temperaturabnahme und reichliche Wolkenbildung mit Störungsschichten (wo dann die Drehung oft mit einem Male auftritt) und oberhalb dieser Höhe, charakterisiert durch viel rascheres Temperaturgefälle und Armut an Kondensationsprodukten, das Auftreten einer normalen, successiven Drehung gewissermaßen durch die Homogenität der Verhältnisse gefördert wird, an der Grenzfläche dagegen, die im Gesamtdurchschnitt eine Diskontinuität darstellt, eine Störung erleidet.«

Für die Gesamtdrehung findet man bei 21 Fällen eine Rechtsdrehung von mehr als 45°, aber nur 3 bis 4 Fälle, welche eine ebensolche Drehung nach links aufweisen.

Ein fast völliges Umkehren um mehr als 135° wurde bei neun Fahrten und bei anticyklonischer Wetterlage konstatiert (davon nur eine nach links, alle anderen nach rechts). In den Schichten von 4000 bis 7000 m (ausgesprochen erst von 5000 bis 6000 m an) weicht der Wind im Mittel um 20° nach rechts gegen den unteren Isobarenverlauf und fährt gegen das Gebiet des Maximums hin. Man ersieht daraus, dass die besprochenen Ballonfahrten erst in ihrer größten Höhe die Zone des zur Anticyklone zurückflutenden Stromes streiften.

Bezüglich der Änderung der Windrichtung nach den beiden Hauptwetterlagen ergaben die bezüglichen Ballonfahrten nachstehende Resultate.

»1. Im anticyklonalen Regime herrscht anhaltende starke Drehung des Windes nach rechts mit zunehmender Höhe, die nur in mittelhohen Schichten vorübergehend einen Stillstand erleidet; sie führt zur Erreichung der Isobarenrichtung schon in geringen Erhebungen, und in nicht viel

größeren, oft von den Ballons erreichten, bereits zu dem gegen das Maximum zurückkehrenden Strom. Sehr häufig treten hier, besonders bei den meist nicht hoch hinaufreichenden und nur unten stark entwickelten Ostwinden, in allen Höhen, oft schon in den untersten 1000 bis 2000 m plötzliche Winddrehungen bis zu fast völliger Umkehr auf. Ein Studium der einzelnen Vorgänge zeigt, dass überhaupt die Drehung nicht gleichmäßig und successive zu erfolgen pflegt, sondern, auch von den Fällen völliger Umkehr abgesehen, ruckweise nach dem Verlassen der Erde und hernach an den oberen Grenzen der Cumuluswolkenbildung, dort mit den »Störungszonen« ziemlich genau, oft ganz scharf zusammenfallend.

2. Im cyklonischen Regime scheint im Allgemeinen zunächst auch eine Drehung nach rechts, jedoch eine beträchtlich geringere einzutreten. Dieselbe nimmt mit wachsender Höhe nur ganz unerheblich zu und erreicht höchstens die Richtung der Isobare, der entlang unsere Ballons in Depressionsgebieten noch in Höhen von 6000 bis 8000 m zogen, während der aus dem Minimum herausgeschleuderte, zur Anticyklone abfließende Luftstrom von ihnen in der Nähe der Cyklonen nie erreicht wurde. Ein Minimum der Rechtsdrehung (in der Tabelle in Folge der Verzerrung als stärkste Linksdrehung auftretend) zeigt sich auch hier genau in derselben Schicht wie bei der Anticyklonengruppe und hiermit auch in dem Gesamtdurchschnitt, nämlich in der Zone zwischen 3000 und 4000 m; einen Erklärungsversuch haben wir auf S. 82 gegeben. Rapide sprunghafte Winddrehungen kommen in dieser Wetterlage gar nicht vor.«

Diese Ergebnisse stimmen auch mit den Wolkenbeobachtungen in größeren Höhen gut überein, dagegen schlecht mit den unteren.

Vom Standpunkte der Luftdruckverteilung auf der Erde stellt Berson nachfolgende Sätze auf.

»Die Cyklonen unserer Breiten sind als räumlich begrenztere, jedoch intensivere Gebilde bis in große Höhen hinauf von nahezu parallel zur Isobare strömenden und dabei emporgeschleuderten Luftmassen umwirbelt. Erst in sehr großen Höhen findet sich in der Nähe ihrer Kerne der auswärts geschleuderte, zur Anticyklone abfließende Strom. Die räumlich soviel ausgedehnteren Anticyklonen reichen durchschnittlich als solche nur in viel geringere Erhebungen hinauf (sie sind in unseren Breiten meist ja nur sekundäre Vorstöße weit entfernter Hochdruckgebiete in das große »arktische Wirbelsystem«) und schon in verhältnissmäßig geringen Erhebungen findet sich in ihren Gebieten der zu ihrem Kerne hinfließende Strom.

Ist dem aber so, dann strömt die Luft in großen Höhen bereits in der Nähe der Depressionscentren zur Anticyklone zurückkehrend nach abwärts und erreicht langsam sinkend die geringen Erhebungen, in welchen diese Rückströmung in den Hochdruckgebieten angetroffen worden ist. Es ergiebt sich ein schräg von der Cyklone zur Anticyklone hinabführendes System; die Grenzfläche der beiden Strömungen wird durch die in der Anticyklone niedrig liegenden Störungsschichten — obere Grenzen der Cumulusbildung — gekennzeichnet, welche in dem Übergangsgebiete zur



Depression zu höher und höher ansteigen. Der Unterschied des Azimuts der Bewegung darüber und darunter ist jedoch nur in der Nähe der Hochdruckkerne ein großer; je weiter davon desto geringer wird er, da der untere und obere Strom nur wenig von der Isobare abweichen, aber der untere einströmend, der obere ausströmend.

Ebenso sind jedoch beide Strömungen in ihrer vertikalen Bewegung gegensätzlich: bis in die Nähe des Anticyklonenkernes hinein überwiegt ganz unten aufsteigende Bewegung, wenigstens am Tage (Cumulusbildung), während in der Nacht und Morgens in Folge Temperaturumkehr strenge Schichtung ohne vertikale Bewegung vorwaltet; mit der Entfernung vom Maximum verlegt sich die, beide vertikalen Bewegungen scheidende, isotherme Störungsschicht immer höher, über welcher absteigende, unterhalb welcher aufsteigende Bewegung herrscht, bis sie in der Nähe des Minimums erst in den größten Höhen anzutreffen ist.«

Das sind die Ergebnisse der neuesten Forschungen auf dem Gebiete der Dynamik der Atmosphäre, welche durch die im Zuge befindlichen Drachenbeobachtungen gewiss bald wesentliche Erweiterung finden werden.[47]

Einfluss des Windes auf die Ballonbahn.

Sowohl die Richtung als auch die Geschwindigkeit des Windes üben einen entscheidenden Einfluss auf die Ballonbahn aus. Wir können hier bezüglich der **Geschwindigkeit** des Windes in Bezug auf die Eigengeschwindigkeit des Ballons drei Fälle unterscheiden:

1. Die Windgeschwindigkeit ist kleiner als die Ballongeschwindigkeit
2. » » » gleich der »
3. » » » größer als die »

In Bezug auf die **Richtung** des Windes zur Ballonbahn können wir in jedem dieser drei Fälle wieder unterscheiden:

a) die Richtung des Windes ist der vom Ballon ursprünglich eingeschlagenen Richtung direkt entgegensetzt.

b) Die Windrichtung ist die gleiche, wie die vom Ballon ursprünglich eingeschlagene.

c) Die Windrichtung und die vom Ballon ursprünglich eingeschlagene Richtung schließen einen beliebigen Winkel ein.

Daraus folgt:

A. Ist die Windrichtung der Achsrichtung des Ballons direkt entgegengesetzt, so haben wir in Bezug auf die endgiltige Ballonbahn und Schnelligkeit der Bewegung über einen festen Punkt auf der Erde zwei in entgegengesetzter Richtung wirkende Geschwindigkeiten zu betrachten. Deren Differenz zeigt die Richtung und Größe der resultierenden Geschwindigkeiten an.

B. Ist die Windrichtung die gleiche wie die Achsrichtung des Ballons, so ergiebt sich als Resultat eine Richtung und Größe der Geschwindigkeit, die gleich der Summe der beiden in Betracht kommenden Geschwindigkeiten ist.

C. Schließen endlich die beiden Geschwindigkeiten einen Winkel mitsammen ein, so ist die daraus resultierende Richtung und Endgeschwindigkeit der Ballonbahn nach den Gesetzen des Parallelogrammes zu ermitteln.

Die Verhältnisse, wenn es sich nicht um horizontale, sondern um auf- und absteigende Windrichtungen handelt, können auf ähnlicher Basis ermittelt werden.

Weht ein Wind von y Meter Geschwindigkeit von a nach b und will der Ballon von x Meter Eigengeschwindigkeit in dieser Windrichtung seine Reise unternehmen, so ist es einleuchtend, dass er mit einer Geschwindigkeit, welche gleich der Summe der beiden erstgenannten Geschwindigkeiten ist, seines Weges ziehen kann. Gegen einen Punkt auf der Erde betrachtet, reist er dann mit $(x + y)$ Meter über sie fort, dabei hat er aber nicht etwa einen Luftwiderstand von $(x + y)$ Meter, sondern nur einen solchen von x Meter zu überwinden.

Anders verhält er sich gegen einen Punkt in der in steter Bewegung begriffenen Atmosphäre. Der Ballon als solcher bildet mit der sich mit y Meter gleichmäßig fortbewegenden Luft ein Ganzes, d. h. er hat dieselbe Beschleunigung (y) wie die ihn umgebende Luft; ganz ebenso, wie ein auf der Erde sich bewegender Mensch, ob er nach Ost oder nach West geht, stets mit derselben Geschwindigkeit von vielen hundert Metern in der Sekunde durch das Weltall saust und von dieser Bewegung nicht das Geringste verspürt. Weil eben alles mit uns fortflieht, so merken wir die schnelle Bewegung nicht.

Ähnlich verhält es sich mit einem Ballon. Solange ein fester Punkt in der Atmosphäre fehlt, ist es nicht möglich, einen Maßstab für seine Bewegung zu finden. Erst von einem fixen Punkt auf der Erde an ist ein Messen möglich. Daher ist es auch erklärlich, dass der Ballon, solange er sich in der Luft ohne Kontakt mit der Erde befindet, nur diejenige Widerstandsarbeit zu leisten hat, welche seiner Eigengeschwindigkeit, also derjenigen, welche auf Windstille fußt, entspricht. Auf diese Widerstandsarbeit basiert, muss seine absolute Festigkeit berechnet sein.[18])

ad 1. Ist die Geschwindigkeit des Windes kleiner als die des Ballons, so kann der letztere auch gegen den Wind nach jeden beliebigen auf der Erde gelegenen Punkt gelangen. Der Ballon fährt in diesem Falle mit $(x - y)$ Meter dem Winde direkt entgegen und beherrscht die Atmosphäre souverän. Kann er dann nach Belieben steigen und fallen, so ist das Problem seiner Lenkbarkeit in vollkommenster Weise gelöst.

Graphisch lässt sich die nach einer Sekunde oder einer Stunde je nach der Windrichtung erreichte Wegstrecke leicht auf folgende Art ermitteln.

Wir bezeichnen ein für alle Mal den Punkt, von dem der Ballon auffährt, mit a, die Richtung seiner Fahrt mit $a\,b$ (und zwar b mit dem Zeiger 0, α, 90° etc., je nachdem $a\,b$ um 0°, α° oder 90° gegen die Horizontale geneigt erscheint) und nehmen die Richtung des Windes, als in der Bildebene liegend, horizontal an.

Die Ballon- und die Windgeschwindigkeit lassen sich mit Ausnahme des Falles *a* und *b* immer zu einem Graphikon zusammensetzen. Zu beachten ist dabei der übrigens ziemlich selbstverständliche Umstand, dass Wind- und Ballongeschwindigkeit stets in denselben absoluten Größen (in Meter per Sekunde oder in Kilometer per Stunde) eingesetzt werden.

Es soll nun der Fall untersucht werden, wohin ein lenkbarer Luftballon innerhalb der Zeiteinheit unter der Voraussetzung gelangen könne, dass die Ballongeschwindigkeit (x) größer sei, als die Windgeschwindigkeit (y), welche in einer gegebenen Richtung weht.

Zu diesem Behufe denken wir uns den Ballon vom Punkte *a* (Fig. 42) aus auffahrend und seinen Weg nach verschiedenen Richtungen hin, zuerst nach *b* nehmend, also nach einer Richtung, welche genau in der Windrichtung gelegen ist. Er kommt dann in der Zeiteinheit nach *d*, weil er den Weg $ac_0 = x$ vermöge seiner Eigengeschwindigkeit, den Weg $c_0 d = y$ vermöge der Windgeschwindigkeit zurücklegt. Es ist also:

$$ad = (ac_0 + c_0 d) = (x + y).$$

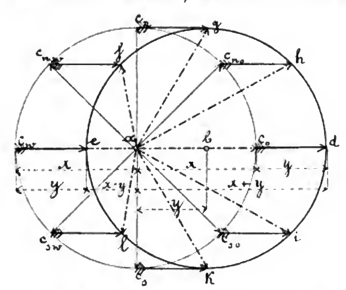


Fig. 42. Ballonwege bei einem Westwind, dessen Geschwindigkeit y kleiner als die Ballongeschwindigkeit ist.

Nehmen wir den anderen, extremen Fall, in welchem die Ballonbahn der Windrichtung direkt entgegengesetzt ist, so ergiebt sich, als der endgiltig in der Zeiteinheit (Sekunde oder Stunde) vom Ballon zurückgelegte Weg, die Strecke $ae = (ac_w - ec_w) = (x - y)$.

Betrachten wir einen beliebigen Fall, wo die beiden Geschwindigkeiten (von verschiedener oder gleicher Größe) einen Winkel α mitsammen einschließen, so wird der schließlich gesuchte Weg nach dem Gesetze des Parallelogrammes gefunden werden.

Steuert der Ballon z. B. in der Richtung ac_{nw}, so gelangt er nach *f*, steuert er in der Richtung ac_{so}, so gelangt der Ballon nach *i* u. s. f.

Auf Grund dieser Betrachtung ergiebt sich folgendes Gesetz:

Ist die **Ballongeschwindigkeit gröfser als die Windgeschwindigkeit**, so ist der geometrische Ort, den der Ballon in der Zeiteinheit erreicht, in einem Kreise zu suchen, dessen Mittelpunkt vom Abfahrtspunkte des Ballons (*a*) aus in der Windrichtung (*ab*) gelegen und von ihm um die Größe der Windgeschwindigkeit in der Zeiteinheit (y) entfernt ist, und dessen Radius die Eigengeschwindigkeit des Ballons in der Zeiteinheit ist.

Nachdem der Ballon aber jede der 360° betragenden Richtungen einschlagen kann, so folgt, dass er innerhalb der ersten Sekunde (Stunde) nach jeden Punkt eines Kreises gelangen kann, dessen Durchmesser zwar der Ballongeschwindigkeit entspricht, dessen Mittelpunkt jedoch gegen den Ausgangspunkt excentrisch gelegen ist.[49]

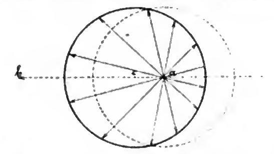


Fig. 43. **Aktionsfeld eines Ballons, wenn die Ballongeschwindigkeit x größer als die Windgeschwindigkeit ist.**

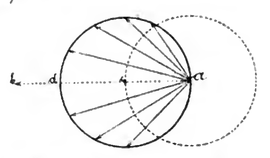


Fig. 44. **Aktionsfeld eines Ballons, wenn die Ballon- gleich der Windgeschwindigkeit ist.**

ad 2. Anders verhält sich die Sache aber, wenn $y = x$ ist, d. h. wenn die Windgeschwindigkeit gleich der Ballongeschwindigkeit wird. Dann ist ein Vorwärtskommen gegen einen festen Punkt auf der Erde contra Wind nicht mehr möglich — das äußerste ist, dass der Ballon über einem Punkte stehen bleiben kann.

Ist $y = x$ (Fig. 44), so ist der geometrische Ort jener Punkte, in welchen der Ballon nach Ablauf der ersten Sekunde (Stunde) sein kann, durch die Peripherie eines Kreises bestimmt, dessen Mittelpunkt in der Windrichtungslinie ab gelegen ist. Dessen Radius ist gleich der Wind- also auch gleich der Ballongeschwindigkeit, und wird von a aus in der Richtung gegen b mit der Größe $x = y$ in c aufgetragen.

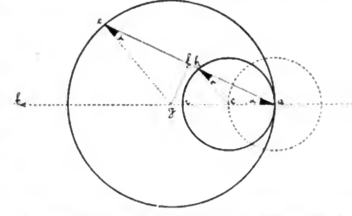


Fig. 45. **Ermittelung der Zeit- und Weglänge eines von a aus zu erreichenden Punktes e über der Erde bei gleicher Ballon- und Windgeschwindigkeit.**

Liegt nun die **Aufgabe** vor, einen gegebenen Punkt e bei $x = y$ zu erreichen, so zieht man (Fig. 45) die Windrichtungslinie ab, verbindet a mit e, halbiert ae in f und errichtet in f eine Senkrechte auf ae. Wo diese Linie die eventuell verlängerte Linie ab schneidet, dort ist der Mittelpunkt (g) des gesuchten Kreises. Je nachdem jetzt ag größer oder kleiner als x resp. y ist, ist der Punkt in mehr oder weniger als einer Minute (Stunde) zu erreichen.

Im übrigen ist aus der Auflösung der Gleichung $1 : ae = x_1 : ag$

$$x_1 = \frac{ag}{ac} = \frac{ag}{y}$$



die Zahl der Sekunden (Stunden), in welchen dieser Punkt erreicht werden kann (vorausgesetzt, dass er überhaupt zu erreichen ist) zu rechnen.

Die Weglänge über der Erde zurückgelegt, lässt sich (nimmt man die Erde als Ebene an) aus der Gleichung $1 : ah = x_1 : ae$ rechnen; man findet dann:

$$ae = \frac{ah}{x_1} = \frac{ah}{ag} \cdot y .$$

Ist $eab = \alpha$, so ist der Punkt e immer dann zu erreichen, wenn der Winkel $\beta = fga = (90^\circ - \alpha)$ größer als 0° ist, also wenn α nicht größer als 90° wird, weil sonst fg mit ab nicht in positiver Weise zum Schnitte gelangt.

Bei $x = y = \infty$ wird sich der Ballon in einer zur ab senkrechten Linie bewegen können, ein Fall, der natürlich nur theoretisch denkbar ist; es wird dann $\alpha = 90^\circ$ und $\beta = 0^\circ$. In nachfolgender Tabelle ist eine Zusammenstellung der Größe der verschiedenen Aktionsradien bei wachsender Wind- und Ballongeschwindigkeit gegeben.[50])

Windgeschwindigkeit (y) gleich der Ballongeschwindigkeit (x), daher der Aktionsradius auch gleich								
in	in einer Sekunde in Metern	in x Stunden in Kilometern						
		1	2	3	4	5	6	Stunden
Metern	10	36	72	108	144	180	216	Kilometer
	12	43,2	86,4	129,6	172,8	216,0	259,2	
	15	54	108	162	216	270	324	
	20	72	144	216	288	360	432	

Bezeichnet man mit z den bezüglichen Radius (Aktionsradius genannt), so nennt man die Fläche des Kreises innerhalb, welcher der Ballon unter den angenommenen Verhältnissen landen kann, das **Aktionsfeld** dieses Ballons. Das Aktionsfeld steht also in einem ganz bestimmten Verhältnisse zum Aktionradius, es ist:

$$F = \frac{\pi d^2}{4} = \frac{\pi}{16} r^2 = \frac{\pi z^2}{4} .$$

Weiter ist noch die bereits oben besprochene Thatsache in Erwägung zu ziehen, wonach der Wind mit der Höhe sich dreht. Infolge dessen dreht sich auch die Linie ab und mit ihr das ganze Aktionsfeld.

Die Figur 46 zeigt eine solche Drehung des Aktionsfeldes bei einem Westwind von 1000 zu 1000 Meter bis zu 3000 Meter Höhe. Danach kann der Ballon alle innerhalb der Projektionen der drei Aktionsfelder gelegenen Punkte erreichen, je nachdem er eine Höhe aufsucht.

In der Figur 46 entspricht die Linie ab_1 einer Windrichtung in einer Höhe von 1000 m, die Linie ab_2 einer Windrichtung in einer Höhe von 2000, die Linie ab_3 einer Windrichtung in einer Höhe von 3000 Meter.[51])

ad 3. Betrachten wir nun den dritten möglichen Fall, wonach die Windgeschwindigkeit (y) größer als die Ballongeschwindigkeit (x) ist. Selbstverständlich wird jetzt der Ballon in eine noch viel größere Abhängigkeit vom Winde geraten und zwar in eine um so größere, je größer die Differenz $(y - x)$ wird.

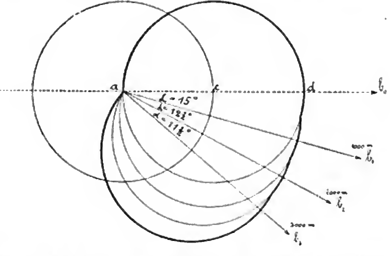


Fig. 46. Aktionsfelder eines Ballons in verschiedenen Höhen bei gleicher Ballon- und Windgeschwindigkeit.

Weht ein Wind von a nach b mit der Stärke $ad = y$ und steuert der Ballon dieser Windrichtung mit einer Geschwindigkeit $x = cd$

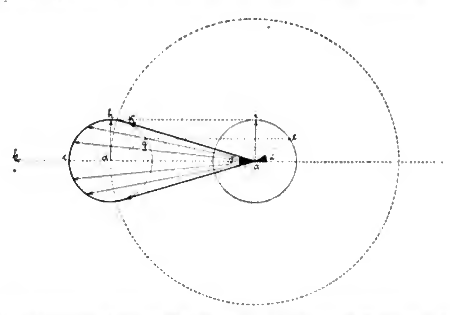


Fig. 47. Aktionsradius eines Ballons, wenn die Windgeschwindigkeit größer ist als die des Ballons. $ad = y$, $dc = af = x$.

entgegen, so gelangt er nach der ersten Sekunde (Stunde) nach dem Punkte, der von a um die Differenz $(y - x)$ Meter (km) entfernt ist. Es ist dies der bahnnächste Punkt von a. Der bahnfernste Punkt ist offenbar im Punkte c erreicht, der von a um $(x + y)$ Meter (km) entfernt liegt.

Fährt das Luftschiff unter einem Winkel α (oder 90°) gegen die Horizontale ab, so erreicht es nach Ablauf der ersten Sekunde (Stunde) den Punkt g (h), welcher nach dem Gesetze des Parallelogramms leicht zu finden ist.



Die Figur 48 versinnbildlicht einen speziellen Fall, und zwar die Verhältnisse der Größe und Lage des Aktionsfeldes, wenn die Ballongeschwindigkeit halb so groß ist wie die Windgeschwindigkeit. Man sieht hier, dass der Ballon selbst dann noch ein ganz hübsches Stück Erde beherrscht, das um so größer wird, je größer die Fahrtdauer wird.

Hieraus folgt nachstehender Satz:

»Der geometrische Ort jener Punkte, die ein mit x Meter (km) Geschwindigkeit fahrendes Luftschiff bei einem Gegenwind von y Meter (km) erreichen kann, liegt in der Peripherie eines Kreises, dessen Radius der absoluten Eigengeschwindigkeit des Ballons entspricht, dessen Mittelpunkt in der Richtungslinie des Windes gelegen und der vom Auffahrtspunkte a um die Windgeschwindigkeit y in m (km) entfernt ist.«

Auch hier findet das bezüglich der Winddrehung früher Erwähnte sinngemäße Anwendung.

Wir sehen das Aktionsfeld des Ballons um soviel gegen b verschoben, als die Differenz $(y - x)$ ausmacht, gleichzeitig ist aber das Aktionsfeld nur mehr $\frac{\pi x^2}{4}$ und nicht mehr $\frac{\pi y^2}{4}$ wie früher. Je kleiner x ist, desto kleiner wird das Aktionsfeld, während, wenn man das reine Aktionsfeld betrachtet, dem Wachsen von y nicht der gleiche Einfluss zukommt.

Fig. 48. Aktionsfeld eines Ballons, wo die Windgeschwindigkeit doppelt so groß ist als die Ballongeschwindigkeit.

In der Wirklichkeit verhält sich die Sache doch noch etwas anders.

Zieht man von a gegen den Aktionskreis Tangenten, so schließen diese offenbar jenen Raum ein, den ein Ballon von bestimmter Eigengeschwindigkeit (x) bei einer bestimmten Windgeschwindigkeit (y) erreichen kann. Jetzt kommt die Abhängigkeit der Ballon- von der Windgeschwindigkeit wieder drastisch zum Ausdruck. Es erscheint daher richtiger, das Aktionsfeld des Ballons jetzt nicht mehr die Kreisfläche, sondern jene Dreiecksfläche zu nennen, innerhalb welcher der Ballon überhaupt sich bewegen kann.

Vielleicht wird es am besten sein, zwischen dem engeren Aktionsfelde (der Kreisfläche) und dem weiteren Aktionsfelde (der Dreiecksfläche) zu unterscheiden.[52]

Trägt man auf einer Landkarte für die betreffenden Geschwindigkeitsdifferenzen $(y - x)$ die verschiedenen Aktionsfelder auf, so gewinnt man einen Überblick bezüglich des Wertes eines lenkbaren Ballons von selbst geringer Eigengeschwindigkeit.

Naturgemäß erweitert sich das Aktionsfeld mit der Länge der Fahrt, was darauf hinweist, Ballons zu bauen, die eine thunlichst lange Fahrtdauer absolvieren können.

In der Figur 49 ist angenommen, ein lenkbarer Luftballon beginne von Köln aus seine Fahrt. Weht Ostwind von einer doppelten Stärke wie die Eigengeschwindigkeit des Ballons, so kann der Ballon von Köln aus nach Belieben London oder Paris erreichen. Weht Westwind, so kann er nach einer gewissen Zeit in Danzig oder in Wien oder Budapest landen,

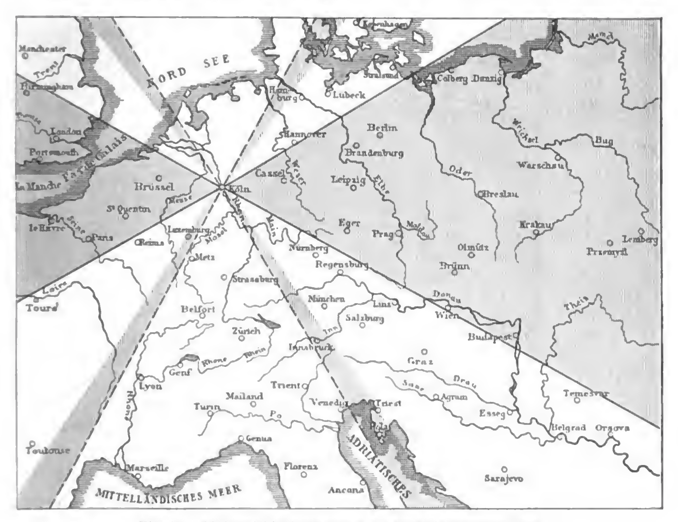


Fig. 49. Aktionsfeld eines von Köln aufsteigenden Ballons.

mit einem Worte, an jedem Orte innerhalb des stark strichulierten Dreiecks. Ist die Geschwindigkeit des Windes aber nur anderthalbmal so groß als die des Ballons, so kann dieser innerhalb eines Dreiecks landen, das durch die randstrichulierten Linien gekennzeichnet ist. Er beherrscht dann bei Ostwind ganz England und fast ganz Frankreich; bei Westwind kann er in Kopenhagen oder in Triest landen. Man sieht an diesen Beispielen, dass es vor allem außer auf die Eigengeschwindigkeit des Ballons auch auf die Fahrtdauer ankommt. Nimmt man als Ballongeschwindigkeit nur 10 Meter an, so würde für den ersten Fall die Windgeschwindigkeit 20 m, im zweiten Falle 15 m betragen — das sind aber Windgeschwindigkeiten, die nicht zur Regel gehören und etwa nur in

0,7—3% der Tage eines Jahres herrschen — sonst sind die Verhältnisse für lenkbare Ballons noch günstigere zu nennen.

Aus den hier nur kurz angedeuteten Verhältnissen werden sich im Laufe der Zeiten die Grundregeln des luftmännischen Fahrens entwickeln.[53]

Aus dem Dreieck Fig. 47 *adk* rechnet man den Winkel β aus der Formel:

$$\sin\frac{\beta}{2} = \frac{dk}{ad} = \frac{x}{y}.$$

Ist $x = y$, so folgt: $\sin\beta = 1$, daher $\beta = 90°$. Es fällt dann *c* mit *a* zusammen.

Setzt man für *x* der Reihe nach 10, 12, 15 und 20 m und rechnet den Winkel α bei Windgeschwindigkeiten, die um 1 bis 5 m mehr betragen als die Ballongeschwindigkeit, so ist das Resultat aus nachstehender Tabelle zu ersehen.

Ballon- Geschwindigkeit x in m. p. s.	Wind- Geschwindigkeit y in m. p. s.	$(y - x)$	$\sin\beta$	daher ist: β circa
10	11	1	0,9090	65°30′
	12	2	0,8333	56°30′
	13	3	0,7692	50°20′
	14	4	0,7143	45°30′
	15	5	0,6666	41°50′
12	13	1	0,9231	67°30′
	14	2	0,8571	58°60′
	15	3	0,8000	53°10′
	16	4	0,7500	48°40′
	17	5	0,7058	44°50′
15	16	1	0,9375	69°40′
	17	2	0,8823	61°00′
	18	3	0,8333	56°30′
	19	4	0,7894	52°10′
	20	5	0,7500	48°30′
20	21	1	0,9524	72°20′
	22	2	0,9090	65°30′
	23	3	0,8695	60°20′
	24	4	0,8333	56°40′
	25	5	0,8000	53°10′

Um ein Beispiel anzuführen, weise ich auf den Umstand hin, wonach ein mit nur 10 Meter pro Sekunde fahrendes Luftschiff bei einem Gegen-

wind von selbst 15 m, der im übrigen schon selten vorkommt, noch mit einem Fahrwinkel von 41°10' unter Wind fahren kann.[54])

Renard hat auf einem 28 m hohen Mast auf dem Plateau von Chatillon eine Reihe von Anemometerbeobachtungen angestellt und darnach die Wahrscheinlichkeit errechnet innerhalb 100 Tagen anzutreffen:

Einen schwächeren Wind als	8	m pro Sekunde	57,3%	auf 1000	m Höhe
» » » »	10	» » »	70,8%	» 1000	»
» » » »	15	» » »	88,6%	» 1000	»
» » » »	20	» » »	96,3%	» 1000	»

Sind dieses auch nur mittlere Werte, so ergeben sie doch sehr beherzigenswerte Anhaltspunkte und eröffnen der Beschiffung des Luftozeans schöne Aussichten.[55])

Aus den vorstehenden Zeilen ist die Wichtigkeit der Kenntnis der Dynamik der Atmosphäre zu ersehen. Die aëronautische Fahrkunst baut ihre Regel zum großen Teile auf deren Gesetze auf. Es wird aber einst möglich sein, auch bei größeren Windgeschwindigkeiten, wo man nicht mehr dem Winde direkt entgegenfahren kann, von lenkbaren Luftschiffen Gebrauch zu machen; dies lehrt die Thatsache, dass es auch in der Luftschiffahrt eine Berg- und eine Thalfahrt giebt.

Weht der Wind der Fahrtrichtung entgegen, so haben wir eine Bergfahrt, deren Geschwindigkeit, ähnlich wie bei Flussschiffen, sich aus der Differenz der Eigengeschwindigkeit des Luftschiffes und aus der Geschwindigkeit des Windes ergiebt.

Bei 10 m Windgeschwindigkeit und 15 m Eigengeschwindigkeit des Luftschiffes beträgt also die Bergfahrtsgeschwindigkeit des Luftschiffes 5 m, was allerdings nur 18 km per Stunde ausmacht — etwa der Geschwindigkeit eines Lastzuges gleichkommend.

Nun lehrt aber die Erfahrung, dass die Winde sehr oft in verschiedenen Höhen nicht nur wechselnde Geschwindigkeiten, sondern auch wechselnde Richtungen besitzen. Dem Luftschiffkapitän steht es daher unter Umständen frei, sich eine solche Region auszusuchen, welche seine Reisegeschwindigkeit am besten fördert. Dies wird nicht immer, aber oft zu erreichen sein. Er schafft sich also quasi künstlich eine Thalfahrt.

Besitzt der Wind dann auch wieder 10 m Geschwindigkeit, so fährt jetzt das Luftschiff mit $15 + 10 = 25$ m dahin, das ist mit 90 km per Stunde, also mit einer Geschwindigkeit, die größer ist, als die unserer kontinentalen Luxuszüge.

Außerdem aber fährt das Luftschiff, da es nicht an die Scholle gebunden ist, nicht wie ein Eisenbahnzug in Zickzacklinien, sondern in gerader, also in kürzester Route seinem Ziele entgegen.[56])

Drittes Kapitel.

Über die Dimensionsverhältnisse lenkbarer Ballons. — Die Grundtype von »125 Ballons«. — Berechnung der Oberflächen von »125 Ballons«. — Berechnung der Volumina von »125 Ballons«. — Berechnung des zur Vorwärtsbewegung von »125 Ballons« nötigen Effektes. — Das relative Ballongewicht. — Das relative Ballonhüllengewicht. — Das relative Ballontraggerüstegewicht. — Das relative Ballonmotorengewicht. — Das relative Ballonnutzlastgewicht. — Das relative Ballongesamtgewicht. — Erläuterung der Tabellen 1a bis 8a und der Tafeln I, III und VI. — Tabellen 1a bis 8a.

Über die Dimensionsverhältnisse lenkbarer Ballons.

Nachdem bei dem heutigen Stande der Technik auf Grund sorgfältig gepflogener Untersuchungen die Wahrscheinlichkeit der erhöhten Lenkbarkeit fischförmiger Ballons nahegerückt ist, sind zwei Hauptfragen zu beantworten:

1. Welches ist die Geschwindigkeit, die man einem solchen Ballon geben muss?

2. Welches sind seine Dimensionsverhältnisse?

Die Meterologie giebt Aufschluss über die ersten Fragen, welche oben eingehend erörtert wurden. Wir haben gefunden, dass die Eigengeschwindigkeit des Ballons größer als die Durchschnittsgeschwindigkeit des Windes sein muss und dass man bei einer Ballongeschwindigkeit von 12 m. p. s. schon etwa an 85% Tagen des Jahres, wohin man will, fahren könne.[57])

Über die Dimensionsverhältnisse dagegen ist es nicht möglich, a priori zu irgend einem annehmbaren Schlusse zu gelangen. Und doch wäre dies von ganz außerordentlicher Wichtigkeit! — Ich entschloss mich deshalb, von irgend einer Grundtype ausgehend, die hauptsächlichsten Dimensionen und Gewichtsverhältnisse einer größeren Reihe von Ballons, die nach einem gewissen Modus zunehmen, zu berechnen. Die Resultate wurden dann, um ein übersichtliches Bild aller hierbei zu berücksichtigenden Faktoren zu gewinnen, graphisch aufgetragen.

Wie ich hierbei verfuhr und zu welchen Schlüssen ich gelangte, soll in den nachstehenden Zeilen dargelegt werden.

Die Grundtype von »125 Ballons«.

Die bis heute gebauten lenkbaren Ballons lassen sich in Bezug auf ihre Hüllenform in drei Gruppen einteilen: in solche, welche

1. sphäroidale Gestalt besitzen: Giffard, Dupuy de Lôme, Tissandier, Santos Dumont, in solche mit
2. fischförmigem Längsschnitt: Renard-Krebs, und in Ballons, welche
3. prismatische, respektive cylindrische Gestalt haben: Haenlein, Schwarz, Zeppelin. Unstreitig hat die letztgenannte Type wohl den Vorzug der leichtesten Herstellbarkeit und des größeren Kubikinhaltes bei verhältnismäßig kleinen Oberflächen, ist aber, was die Durchschneidung des Luftmediums anbelangt, die am wenigsten empfehlenswerte. Zeppelin's vordere und hintere ogivale Ballonteile, mit in Aluminium voll ausgearbeiteten

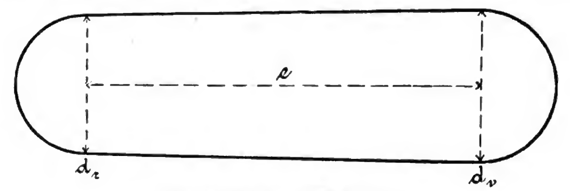


Fig. 50. Type von »125 Ballons«.

Spitzen, durchschneiden die Atmosphäre zweifelsohne sehr vorteilhaft, dagegen ist die so lang gestreckte, völlig prismatische Hülle einer großen Luftreibung unterworfen, und dies um so mehr, je größer die Geschwindigkeit des Luftschiffes wird, weil sich dann bei jeder Querabteilung der Netzgitterkonstruktion Dallen mit Höhlungen bilden, die großen Luftwiderstand hervorrufen. Dass alle lenkbaren Ballons eine längliche Gestalt besitzen müssen, wird seit Giffard's erstem Versuch niemand mehr bestreiten. Die von Renard und Krebs gewählte Fischform dürfte vom architektonischen Standpunkte wohl die zweckentsprechendste sein.

Es wäre nahe gelegen diese zu adoptieren und zum Ausgangspunkte meiner Studien zu wählen. Nachdem aber zur Volums- und Oberflächenberechnung einer bedeutenderen Zahl solcher Ballons eine ganz unverhältnismäßig große Rechnungsmanipulation durchzuführen gewesen wäre, so entschloss ich mich eine einfachere, der Haenlein'schen verwandte Form zu wählen.[58])

Ihr Schema ist in der Figur 50 dargestellt. Den Rumpf bildet ein Kegelstutz, welcher von 2 Kreisflächen, die um 2 Meter im Durchmesser von einander verschieden sind, begrenzt wird. Auf diesen Ballonkörper ist vorne und rückwärts je eine Halbkugel mit dem korrespondierenden Durchmesser aufgesetzt.

Nun will ich bemerken, dass ich wohl ganz gut weiss, dass man genau diese Form keinem einzigen Ballon geben wird, weil vorne und rückwärts der Ballon schon wegen des Reduktionskoefficienten stets ogival zugespitzt gebaut sein soll. Er wird dann in Wirklichkeit etwas mehr Oberfläche und gleichzeitig etwas mehr Volumen besitzen, aber nachdem es sich um eine reine Vergleichsrechnung handelt, so glaubte ich dies ruhig thun zu können, um so mehr als der gewünschte Überblick auch bei diesem Vorgange voll zu erwarten steht.

Es handelt sich ja hauptsächlich darum, eine nach einem bestimmten Schema wachsende Hülle einer Reihe systematischer Vergleichsrechnungen zu unterziehen. In welcher Weise sie dann bei späteren Ausführungen umgemodelt werden soll, dies ist eine für sich ganz separat zu behandelnde Frage.

Gegeben ist — was man sich stets vor Augen halten wolle — in erster Linie der Durchmesser vorne (d_v) und der Durchmesser rückwärts (d_r), in zweiter Linie erst die Rumpflänge e.

Auf diese Weise lassen sich aus den gewählten Ballontypen, durch Einführung entsprechender Koefficienten, alle möglichen anderen Ballons gleichsam herauskrystallisieren.

Vielleicht sollte man auch bei größeren Durchmessern den vorderen gegen den rückwärtigen um mehr als 2 m größer werdend, annehmen; aber um die Stetigkeit nicht zu stören, unterließ ich dies, immer von dem Standpunkte ausgehend, dass es sich um systematisch veranlagte Überschlagsrechnungen handelt.

Auf diese Grundform basiert, berechnete ich vorerst fünf Serien von Ballons (125 Stück). Jede derselben bestand aus »25 Ballons« von verschiedener Größe. Die kleinste Form hatte vorne einen Durchmesser von 8 m, rückwärts einen solchen von 6 m. Jeder nächstgrößere Ballon erhielt bei gleicher Rumpflänge vorne und rückwärts einen um einen Meter größeren Durchmesser. Diese sind mit d_v (Durchmesser vorne) und d_r (Durchmesser rückwärts), (dementsprechend auch die Fläche mit F_v und mit F_r) bezeichnet.

Die erste Serie hatte 40, die zweite 50, die dritte 60, die vierte 70 und die fünfte 80 Meter Rumpflänge, welche überall mit e (Entfernung) bezeichnet ist.

Um zu ersehen, zu welcher Serie und zu welcher Gattung ein bestimmter Ballon gehört, ist stets der untere Zeiger der betreffenden Größe mit dem Werte von e bezeichnet. Der obere Zeiger giebt an, wie groß der größte Durchmesser ist. Z. B. wird mit V_{50}^{9} »das Volumen eines ganz bestimmten Ballons, bei dem $e = 50$ m und $d_v = 9$ m, daher $d_r = 7$ m ist, bezeichnet«. Dies ist wichtig zu bemerken, damit keine Verwechslung auftrete. In ähnlicher Weise bezeichnet N_{15}^{12} die zur Vorwärtsbewegung eines Ballons von $d_v = 12$ m mit $e = 15$ m nötige Anzahl von Pferdestärken.

Berechnung der Oberflächen des Ballons von »125 Ballons«.

Die Größe der Oberflächen der vorderen und rückwärtigen Halbkugeln berechnet sich nach der Formel $O = 2r^2\pi$.

Die Oberfläche des Kegelstutzes ist: $O_m = (R + r)s\pi$.

Nachdem s, die Seite des Kegelstutzes, in diesem Falle aber sehr nahe gleich der direkten Entfernung der beiden den Kegelstutz begrenzenden Kreisflächen ist, so setze ich statt s den Wert von e in die Rechnung ein ($s = \sqrt{e^2 + (R-r)^2} = \sqrt{e^2 + 1^2}$). Man sieht leicht, dass dies bei größeren Werten von e ohne besonderen Schaden für die Genauigkeit der Rechnung geschehen darf. Es ist daher[58a])

$$\boldsymbol{O_e^d = \pi[2(R^2 + r^2) + e(R + r)].}$$

Berechnung der Volumina der Ballons von »125 Ballons«.

Die Kubikinhalte jeder der beiden Halbkugeln berechnen sich nach der Formel $V = \frac{2}{3} R^3 \pi$, jener des Kegelstutzes aus der Formel

$$V_m = \frac{\pi}{3} e(R^2 + Rr + r^2),$$

daher ist das Gesamtvolumen:[58b])

$$\boldsymbol{V_e^d = \frac{\pi}{3}[2(R^3 + r^3) + e(R^2 + Rr + r^2)].}$$

Rechnet man das Volumen des abgestutzten Kegels nach der Formel

$$V_m = (F_v + F_r)\frac{e}{2} = \frac{\pi e}{8}(d_v^2 + d_r^2);$$

so ist die Rechnungsmanipulation einfacher; man erhält aber um etwa 5 bis 4 Prozent zu große Werte, was indessen bei der Größe der Gesamtvolumina nicht sonderlich in die Wagschale fällt.[58c])

Berechnung des zur Vorwärtsbewegung nötigen Effektes von »125 Ballons«.

Die zur Vorwärtsbewegung nötige Anzahl von Pferdestärken rechnet sich aus der Formel:

$$N = \zeta \frac{\gamma}{g} F v^3 \frac{1}{75}.$$

Nimmt man ζ, den Reduktionskoefficienten, mit $1/_6$ (ähnlich wie bei Renard) an und $\frac{\gamma}{g}$ etwa mit $\frac{1}{8,2}$, so ist $\zeta\frac{\gamma}{g} \doteq \frac{1}{50}$ und die Formel schreibt sich:

$$\boldsymbol{N_{ev}^d = \frac{v^3}{3750} F_v = i F_v.}$$

Es ist somit, für verschiedene Werte von v, der Wert für i aus nachstehender Tabelle zu entnehmen:

für v . .	10	11	12	13	14	15	16	17
ist i . .	0,266	0,355	0,461	0,588	0,732	0,90	1,092	1,31

Aus der Tabelle 1a sind die Größen der Oberflächen, Volumina und der erforderlichen Pferdestärken bei gegebenen Durchmessern und Rumpflängen und angenommenen Eigengeschwindigkeiten von 10 bis 17 Meter pro Sekunde zu ersehen.

Ich führte die betreffenden Rechnungen für Geschwindigkeiten von 10 bis 17 Meter durch, weil ich glaube, dass wir diese Geschwindigkeiten in gar nicht ferner Zeit thatsächlich erreichen dürften.

Das relative Ballongewicht.

Jeder lenkbare Ballon besteht aus einer großen Menge von Einzelbestandteilen, deren Gewichte zusammen das Totalgewicht des Ballons ausmachen.

Bezüglich des Gewichtes lassen sich, indem man die miteinander verwandten Bestandteile in je eine Serie vereinigt, nachfolgende vier Gruppen unterscheiden:

1. Das Gewicht der Hülle incl. Netz, Haltetaue und Ventile.
2. Das Gewicht der Gondel, resp. des Traggerüstes samt Steuer und Landungsvorrichtungen.
3. Das Gewicht des Motors incl. Bedienungsleute, Lager etc.
4. Das Gewicht der Reservebestandteile und Nutzlast.

Es ist nun ganz klar, dass jeder einzelne Kubikmeter des Traggases eines jeden Ballons einen ganz bestimmten Prozentteil jeder dieser vier Gewichtsgruppen zu tragen hat. Daher handelt es sich darum, zu erfahren, wieviel bei jedem dieser Ballons ein Kubikmeter Traggas zu tragen hat:

an 1. Hülle incl. Netz und Ventile,
» 2. Traggerüste, Gondel etc.,
» 3. Motor und Motorzubehör,
» 4. Nutzlast,
» 5. Gesamtlast.

Ich nenne diese Zahlen:

ad 1 das relative Ballonhüllengewicht,
» 2 » » Ballontraggerüstegewicht,
» 3 » » Ballonmotorengewicht,
» 4 » » Ballonnutzlastgewicht,
» 5 » » Ballongesamtgewicht.

Diese relativen Ballongewichte sind bei entsprechender Annahme mittels einfacher Proportionalitätsansätze leicht zu errechnen.

Das relative Ballonhüllengewicht.

Um das relative Ballonhüllengewicht zu finden, ist die Gesamtoberfläche des Ballons durch die Anzahl der Kubikmeter des den Ballon füllenden Traggases zu dividieren und diese Zahl mit jener Zahl zu multiplizieren, welche ergiebt, wieviel ein Quadratmeter Hülle, incl. Netz und Ventil wiegt. Letzterer Wert ist aus den Erfahrungen der bis nun gebauten Ballons zu schöpfen.[59])

Ich fand, dass 1 qm Ballonhülle bei dem Ballon von:

Giffard	0,34 kg
Dupuy de Lôme . .	0,42 »
Haenlein	0,475 »
Tissandier.	0,27 » (?)
Renard.	0,22 » (?)
Zeppelin	0,65 » (?) wog.

Je größer der Ballon ist, desto schwerer wird naturgemäß die Hülle sein. Über 4000 cbm große lenkbare Ballons sind noch nicht gebaut worden, Zeppelin's etwa 12000 cbm haltenden Ballon ausgenommen. Dieser Ballon passt jedoch nicht in dieses Schema und ist vorerst nicht berücksichtigt, schon darum nicht, weil die für diese Rechnung nötigen Daten noch nicht voll zur Verfügung stehen.

Ich machte die Annahme, dass das Ballonhüllengewicht nach der Gleichung einer Geraden mit der Zunahme des Ballondurchmessers und der Zunahme der Rumpflänge wachse, worüber die Tabelle 2a nähere Auskunft giebt.

Erwähnt sei noch, dass im Ballonhüllengewichte mit inbegriffen sind:

1. Das Gewicht der gasdichten Hülle, incl. Nähte,
2. » » des Ballonets,
3. » » des Netzhemdes resp. des Netzes,
4. » » der Haltetaue zur Befestigung mit dem Traggerüste, etc.
5. » » der Ballonappendixe,
6. » » der Ballonventile (obere und untere),
7. » » der Ventil- event. Reißleine.

Das relative Ballontraggerüstegewicht.

Unter jedem lenkbaren Ballon ist ein mit der Hülle mehr oder minder fest verbundenes Gerüste, eine Art Gondel angebracht, welche die Motor- und Nutzlast in sich aufnimmt. Dieses Traggerüste nehme ich — um eben irgend eine Annahme zu machen — gleich der Länge des Ballonrumpfes an. Es wird aus festem Materiale, etwa aus Eisenröhren oder aus einem Aluminiumgitterträgerwerk oder dergl. hergestellt.[59a]) Meine Berechnungen haben ergeben, dass ein laufender Meter einer solchen Gondelkonstruktion je nach dem Durchmesser des Ballons approximativ mit den in der Tabelle 3a angesetzten Gewichten gebaut werden könne.

Wie bei den Hüllengewichten muss das Gewicht des Tragwerkes nicht nur mit dem Größerwerden des Ballondurchmessers, sondern auch mit der Zunahme der Eigengeschwindigkeit des Ballons — welche ja mit einer ganz bedeutenden Gewichtsvermehrung des Ballonmotors Hand in Hand geht — wachsen. Diesem Gesichtspunkte entsprechend sind die Dimensionsverhältnisse in den Tabellen 2 und 3 entsprechend gewählt.

Ich möchte hierzu nur erwähnen, dass es heute noch schwer ist, hierin das Richtige zu treffen. Ist einmal eine größere Zahl von Ballons gebaut, so wird ein künftiger Kalkulator es viel leichter als ich haben, da ich meine Annahmen nur auf eine sehr kleine Zahl thatsächlich ausgeführter Luftballons basieren kann, den größten Teil aber auf Projekte, die nicht ausgeführt wurden, fundieren muss. Will man aber endlich klar in dieses bis nun dunkle Gebiet blicken, so bleibt keine andere Wahl, als Annahmen zu machen, von denen man, wie ich es that, auf Grund von Überschlagsrechnungen vermuten kann, dass sie mit dem thatsächlich Erreichbaren wenigstens annähernd harmonieren würden.[60])

Dividiert man das Gesamtgewicht des Ballontraggerüstes durch die Anzahl der Kubikmeter des Ballons, so ergiebt der Quotient das relative Ballongerüstgewicht.

Die relativen Ballongondelgewichte betrugen bei:

Giffard	0,208	kg
Dupuy de Lôme . .	·232	»
Haenlein	·131	»
Tissandier	·173	»
Renard	·267	»
Schwarz	?	»
Zeppelin	·141	»

Es sind dies Gewichte, welche klein genannt werden müssen. Man bedenke aber, dass diese Gondeln auch nur sehr kleine Lasten, wenige Pferdestärken und geringes Nutzmaterial zu tragen hatten. Ich gehe von der Ansicht aus, dass das Ballontraggerüste das Rückenmark des Ballons zu bilden habe, also stark konstruiert sein müsse. Daher die verhältnismäßig großen Gewichte, welche ich in der Tabelle 3a in Rechnung setzte.

Ferner rechne ich zu diesem Ballongerüstegewicht die aus den Steuerungs- und Landungsapparaten resultierenden Gewichte und jene, welche für die eventuelle Versteifung der Stirnwiderstandsfläche entfallen.[61])

Das relative Ballonmotorengewicht.

Dividiert man das Gesamtgewicht der im Ballon Verwendung findenden Vortriebmotoren incl. Schrauben, Transmissionen, Lager- und Betriebsmaterial durch die Anzahl der Kubikmeter des Ballons und multipliziert diese Zahl mit dem Gewichte einer Ballonpferdestärke, so erhält man daraus das relative Ballonmotorengewicht.

Hierbei ist es wichtig, das Einheitsgewicht einer Ballonpferdestärke zu wissen. Dies ist seit Jahren ein strittiger Punkt gewesen.

Die Geschichte des lenkbaren Ballons lehrt uns, dass eine Ballonpferdestärke annähernd wog:[62])

1852	bei	Giffard's erstem Ballon	290 kg
1872	»	Haenlein's Ballon . . .	146 »
1884	»	Renard's Ballon	77 »
1898	»	Schwarz's Ballon . . .	42 »
1900	»	Zeppelin's Daimler M. .	30 »
1901	»	Dumont's Ballon	18 »

Man sieht, wie das Gewicht einer Pferdestärke in Laufe der Jahre kontinuierlich abnimmt, vielleicht in einer asymptotischen Kurve. Hier soll betont werden, dass aber der Ausdruck »Gewicht pro eine Pferdestärke« ein sehr ungenauer ist. Schon Popper weist vor ca. 10 Jahren in seinen flugtechnischen Studien darauf hin, indem er auf Seite 30 ganz richtig sagt, man solle diesen Begriff genauer präzisieren und sagen: »Diese Maschine zu Schiff wiege so und so viel.« Ich schlug für diesen Begriff den Ausdruck »Ballonpferdestärke« vor.

Es ist aber jetzt noch folgendes zu beachten. Oft findet man ganz unglaublich niedrige Zahlen für das Gewicht einer Pferdestärke angegeben. So z. B. wog Maxim's Motor für seinen bekannten Drachenflieger nach dessen Angaben bei einem Effekt von 363 P.S. der gefüllte Kessel 545 kg und die Kompoundmaschine 273 kg. Da der Dampfbedarf pro 1 P.S. und Stunde mit 11,3 kg angegeben wird, so würde sich das Gewicht des Motors samt Brennmaterial und Wasserbedarf für eine ganze Stunde auf nur etwa 15 kg pro 1 P.S. belaufen. Ich glaube aber, der Motor war viel schwerer. Denn zum Motor ist auch, was für alle Arbeitsspender gilt, das Gewicht aller Gestänge, Lager, Triebschrauben, Transmissionen und aller der zum Motor sonst noch unbedingt zuzurechnenden Bestandteile (wie Pumpen, Speisematerial, Kondensatoren, Kühlwasser etc.) zu rechnen, was bei der Gewichtsbemessung im allgemeinen gar nicht berücksichtigt wird.

Ferner ist bekannt, dass große Maschinen relativ leichter konstruiert werden können als kleinere. Andererseits bedürfen aber diese wieder kleinerer Nebenbestandteile als jene. Es variiert also das Gewicht mit der Größe des Luftschiffes, worauf hier nicht näher eingegangen werden soll. Endlich ist noch das Gewicht der Betriebsmannschaft zum Gewicht des Motors einzurechnen.

Man müsste also, um genau zu sein, nur von dem »Gewichte einer Pferdestärke des X Stunden in diesem ganz bestimmten Luftschiffe arbeitenden Motors« sprechen. Ich nenne dies eine »Ballonpferdestärke« oder eine »Luftschiffpferdestärke«; folgerichtig giebt es auch eine »Stunden-Ballonpferdestärke«.[63])

Man sieht, wie müßig einerseits die Frage nach dem Gewichte einer Pferdestärke in allgemeinen, andererseits, wie schwer die genaue Beantwortung dieser Frage ist und wieviel Präzision sie erheischt.

In meiner Berechnung der »125 Ballons« nahm ich das Einheitsgewicht meiner Ballonpferdestärke, d. i. einer solchen, die drei Stunden in dem in Rechnung gezogenen Luftballon arbeitet, einmal mit 30 kg, das andere Mal mit 20 kg an, weil es heute der Maschinenindustrie möglich ist, auch größere Motoren zu diesen relativ geringen Gewichten zu liefern.

Das relative Ballonnutzlastgewicht.

Alle in dem Vorerwähnten nicht berücksichtigten, aber doch beim Ballon notwendigen Gewichte und das Gewicht der mitzuführenden Nutzlast bilden das Ballonnutzlastgewicht. Ich nahm die Größe desselben bei den »125 Ballons« zu 20% des Ballonvolumens an (von der Ansicht ausgehend, dass 1 cbm Ballonvolumen rund 1 kg trage, was recht gut brauchbare Resultate giebt).

In diesem relativen Ballonnutzlastgewicht steckt auch schon die nötige Reserve.

Das relative Ballongesamtgewicht.

Durch die Summierung aller vier vorhergehend besprochenen relativen Gewichte erhält man das relative Ballongesamtgewicht.

Die auf Grund dieser Erwägungen durchgeführten Rechnungen machen ein ganzes Buch für sich aus. Es ist daher nicht denkbar — so lehrreich, wie ich glaube, ein Teil derselben für manchen Ballontechniker wäre — sie zu veröffentlichen. Ich muss mich begnügen, die hauptsächlichsten Resultate hier niederzulegen.[63a])

Erläuterung der Tabellen 1a bis 8a und der Tafeln I, III, IV und VI.

Die Resultate meiner Berechnungen habe ich, um einen entsprechenden Überblick des in ihnen enthaltenen gesetzmäßigen Ganges zu gewinnen, in Tabellen zusammengestellt und die einzelnen Werte graphisch aufgetragen.

Alle Berechnungen umfassen drei große Gruppen:

a) »125 Ballons« Fig. 50 . . . . . auf Seite 95
b) »150 Ballons« Fig. 51 . . . . . » » 128
c) »19 sphäroidale Ballons« Fig. 52 u. 53 » » 160 u. 162.

Um Verwechslungen vorzubeugen, sind allen Tabellen und Tafeln jener Gruppen, auf welche sie sich beziehen, die Schlagworte »125 Ballons«, »150 Ballons« oder »sphäroidale Ballons« beigefügt. Außerdem sind die Tafeln, welche sich auf »125 Ballons« beziehen, mit dem Zeiger *a*, die, welche sich auf »150 Ballons« beziehen, mit dem Zeiger *b*, und jene, welche sich auf »sphäroidale Ballons« beziehen, mit dem Zeiger *c* versehen. Es korrespondieren auch stets die gleichnummerierten Tabellen in ihrem Wesen mit einander.

Demnach enthalten die Tabellen 1a und 1b die Zusammenstellung der größten Querschnittsflächen, Volumina, Oberflächen und die zur Vorwärtsbewegung erforderlichen Pferdestärken von »125 Ballons« (Tabelle 1a) resp. von »150 Ballons« (Tabelle 1b).

Diese einleitenden Worte dürften genügen, um in der Folge beim Gebrauche der Tabellen und Tafeln störende Verwechslungen hintanzuhalten. Im folgenden werden zuerst die Tabellen und Tafeln, welche sich auf **»125 Ballons«** beziehen, besprochen.

Die **Tafel I** enthält auf der linken Seite die Resultate der Tabelle 1a graphisch aufgetragen. Man ersieht das Gesetz des Verlaufes der Zunahme der Oberflächen und Volumina von »125 Ballons« beim Größerwerden ihrer Durchmesser und beim Wachsen der Ballonrumpflängen. Außerdem ist aus dieser Figur das auf 1 cbm Inhalt entfallende Raumausmaß an Oberflächendimensionen bei $e = 40$ und $e = 80$ m Rumpflänge zu ersehen.

Hier dokumentiert sich so recht deutlich das Gesetz des Kleinerwerdens dieses Verhältnisses bei Zunahme der Durchmesser, also auch bei Zunahme der Volumina.

Die **Tabelle 2a** (»125 Ballons«) enthält die angenommenen Werte der Einheitsgewichte eines Quadratmeters Ballonstoff incl. Netzhemd und Takelage. Man ersieht aus ihr das Wachsen des Gewichtes sowohl bei zunehmendem Ballondurchmesser als auch beim Wachsen des Rumpfes. Es ist ferner selbstverständlich, dass ein sich schneller durch die Luft bewegender Ballon eine stärkere Hülle besitzen muss, als ein solcher mit langsamer Bewegung, weshalb ich auch diesen Umstand beim Ansetzen des Gewichtes berücksichtigt habe.

Die **Tabelle 3a** enthält die angenommenen Werte der Einheitsgewichte eines Längsmeters der Ballontraggerüste-Konstruktion. Näheres darüber siehe auf Seite 99. Diese Werte wachsen mit der Zunahme des Ballonrumpfes mäßig, etwas stärker mit der Zunahme der voraussichtlich vom Ballon erreichten Geschwindigkeit und noch stärker mit der Zunahme des Ballondurchmessers.

Die **Tabelle 4a** enthält die relativen Ballonhüllengewichte unter der Annahme auf Tabelle 2a. Die Besprechung der Resultate folgt auf Seite 119 u. f.

Die **Tabelle 5a** enthält das relative Ballontraggerüstegewicht unter der Annahme der Tabelle 3a.

Die Besprechung der Resultate folgt auf Seite 120 u. f.

Die **Tabelle 6aα** enthält die relativen Ballonmotorengewichte unter der Voraussetzung, dass eine Ballonpferdestärke 30 kg wiege.

Die **rechte Figur auf Tafel I** giebt eine graphische Darstellung der Resultate der Tabelle 1a bezüglich der zur Vorwärtsbewegung eines Ballons nötigen Anzahl von Ballonpferdestärken unter der Annahme auf Seite 100 und die pro 1 cbm des Balloninhaltes benötigten Ballonpferdestärken.

Man sieht hier deutlich die Abnahme der motorischen Kraft bei Zunahme der Ballondurchmesser und die große Zunahme der erforderlichen Pferdestärken bei Zunahme der Eigengeschwindigkeit des Ballons.

Die **Tabelle 6a**β enthält das relative Ballonmotorengewicht unter der Annahme, dass eine Ballonpferdestärke 20 kg wiege.

Die Besprechung der Resultate folgt auf Seite 121 u. f.

Die **Tabelle 7a**α enthält das relative Ballongesamtgewicht unter der Annahme, dass $1 N = 0{,}20$ kg und $R = 20$ kg wiege.

Die **Tabelle 7a**β enthält das relative Ballongesamtgewicht unter der Annahme, dass $1 N = 20$ kg und $R = 0{,}10$ kg wiege.

Die Besprechung der Resultate findet sich auf Seite 124 u. f.

Die **Tabelle 8a**α enthält für' die verschiedenen Rumpflängen und für Geschwindigkeiten von 10 bis 20 m und für Durchmesser von 10 bis 20 m die Resultate aus den vorigen Tabellen in übersichtlicher Weise zusammengestellt. Dabei ist $1 N = 30$ kg und $R = 0{,}2$ kg angenommen.

Die **Tabelle 8a**β enthält für $1 N = 20$ kg und $R = 0{,}1$ kg in ähnlicher Weise wie die vorige Tabelle die Werte der relativen Ballongewichte zusammengestellt.

Auf einer **hier nicht publizierten Tafel** habe ich die Resultate der berechneten relativen Ballongewichte in 40 Graphikons zusammengestellt. In jedem dieser Graphikons sind die relativen Ballongewichte (d. h. die auf einen Kubikmeter des Traggases des Balloninhaltes bezogenen) als Ordinaten abzulesen. Es sind jeweilig auf den Abscissenachsen die Durchmesser der Ballons von $d = 10$ bis zu $d = 25$ m aufgetragen. Als Basislinie zur ersten Auftragung wurde stets der Wert von 0,2 kg angenommen.

Alle die in einer der fünf horizontalen Reihen liegenden Graphikons behandeln sämmtlich Ballons von gleicher Rumpflänge, also: von $c = 40$, 50, 60, 70, 80 m, während alle in den sechs vertikalen Reihen dargestellten relativen Gewichtsresultate sich auf Ballons beziehen, die mit der gleichen Geschwindigkeit die Luft durcheilen, also mit $v = 10$, 11, 12, 13, 14, 15 m.

In allen Graphikons sind die relativen Ballongewichte durch voll ausgezogene Kurven ersichtlich gemacht. Annahme war, dass die relative Ballonnutzlast gleich 0,2 kg pro 1 cbm Balloninhalt sei. $1 N$ (Ballon-Pferdestärke) wurde mit 30 kg Gewicht und Q_r (relatives Ballongerüstegewicht) unter den in der Tabelle 3a gemachten Voraussetzungen in Rechnung gesetzt.

In diese äußeren Graphikons wurden aber noch (als die die Extreme darstellenden) das relative Ballonmotorengewicht und das relative Ballongesamtgewicht unter der Annahme eingezeichnet, dass $R = 0{,}1$ sei und $1 N = 20$ kg wiege. Auf diese Resultate beziehen sich alle strichpunktierten Linien. (Zu bemerken wäre dazu, dass für das relative Ballonmotorengewicht als Basis auch hier die 0,2 Linie gewählt wurde.)

In der obersten Reihe sind durch die gestrichelten Linien noch jene relativen Ballongewichte abzulesen, welche sich durch Rechnung unter der Annahme von $R = 0{,}2$ und $1 N = 25$ kg ergaben.

Obwohl die betreffenden Daten für alle 40 Graphikons gerechnet wurden, so geschah die Auftragung derselben doch nur partiell in der vorbeschriebenen Weise, um den Überblick bei Betrachtung der Graphikons nicht zu stören.

Bezüglich der Bezeichnungen sei für diese und für die folgenden Tafeln noch erwähnt, dass mit:

R_r = das relative Ballon-Nutzgewicht,
N_r = » » » Motorengewicht,
H_r = » » » Hüllengewicht,
Q_r = » » » Traggerüstegewicht,
G_r = » » » Gesamtgewicht

bezeichnet wurde.

Die Kurven sind auch in dieser Reihenfolge übereinander gezeichnet, d. h. die eine wurde auf die Basis der anderen aufgetragen. (Eine Ausnahme macht nur die erste strichpunktierte Linie, wie schon früher erwähnt, welche beim Ballonmotorengewicht gleichfalls mit 0,2 als Basis beginnt, statt mit 0,1. Es geschah dies behufs besserer Vergleichsmöglichkeit.) Der Wert von N_r kann stets direkt durch Ablesung des Ordinatenwertes und Subtraktion von 0,2 (bei allen) gefunden werden. Der Wert von G_r kann direkt sofort in der richtigen Größe bei allen G_r (ob voll oder strichpunktiert oder strichuliert ausgezogen) abgelesen werden. Die Werte von H_r und Q_r sind nicht direkt ablesbar, sondern mit dem Maßstab abzugreifen (im Originale 1 cm = 1 kg). Die Werte Q_r und H_r ergeben sich durch die Differenz der unter denselben befindlichen Kurven.

Tafel III. Auf der Tafel III sind die Resultate aus den Tabellen 4a, 5a, 6aα, 6aβ, 7aα und 7aβ incl. der Tabellen 8aα und 8aβ in Graphikons zusammengestellt. In jedem dieser 30 Graphikons sind die relativen Ballongewichte (d. h. die auf einen Kubikmeter des Traggases des Balloninhaltes bezogenen) als Ordinaten abzulesen. Es sind jeweilig auf den Abscissenachsen die Durchmesser der Ballons von $d = 10$ bis zu $d = 25$ m aufgetragen. Als Basislinie zur ersten Auftragung wurden bei den ersten drei Horizontalreihen 0 kg und bei den beiden letzten 0,4 kg angenommen.

Alle vertikal untereinander liegenden Graphikons entsprechen gleichen Eigengeschwindigkeiten der Ballons, die von 10 bis 15 m wachsen.

In der ersten Horizontalreihe ist das relative Ballontraggerüstegewicht, nach Tabelle 3a aufgetragen, zu ersehen, und zwar sind nur die beiden extremsten Fälle, d. h. jene, welche $e = 80$ und $e = 40$ ($e = 30$ wurde erst nachträglich gerechnet) entsprechend aufgetragen. Die mit $\times$ versehenen Curven sind im Originale roth ausgezogen und beziehen sich auf »150 Ballons«.

In der zweiten Horizontalreihe ist nach Tabelle 2a das relative Ballonhüllengewicht von »125 Ballons« (allein) graphisch aufgetragen. Die strichpunktierte Kurve entspricht einem $e = 60$ m.

Aus der dritten Horizontalreihe ist der Verlauf des relativen Ballonmotorengewichtes bei $N = 30$ kg zu ersehen (die ×-Linie bezieht sich auf »150 Ballons«).

Aus der vierten Horizontalreihe ist das relative Ballongesamtgewicht bei $1 N = 30$ kg und $R = 0{,}2$ kg zu ersehen (die ×-Linie bezieht sich wieder auf »150 Ballons«).

Aus der fünften Horizontalreihe ist der Verlauf des relativen Ballongesamtgewichtes bei $1 N = 30$ kg und $R = 0{,}1$ kg zu ersehen (die ×-Linie bezieht sich auch hier auf »150 Ballons«).

Beim Studium dieser Tafel würde ich empfehlen, die auf »125 Ballons« sich beziehenden Kurven blau, die mit × bezeichneten (d. h. jene, welche sich auf »150 Ballons« beziehen, roth zu überziehen, dadurch erhöht sich die Übersicht bedeutend.

Alle diese Werte erscheinen schon in der hier nicht republizierten Tabelle aufgetragen, aber zumeist verzerrt gezeichnet. Der besseren Übersichtlichkeit halber entschloss ich mich aber, dieselben auf Tafel III getrennt zur Anschauung zu bringen. Man gewinnt so einen bedeutend klareren Einblick in die hier obwaltenden Verhältnisse, wie aus der oben erwähnten Tafel, der mehr die summarische Wirkung der einzelnen Detailgewichte zu entnehmen ist.

Tafel IV. Aus der Tafel IV ist der Einfluss der Rumpflänge (e) auf das relative Ballongesamtgewicht (G_r), das relative Ballonhüllen-, das relative Ballonmotoren-, das relative Ballongerüstegewicht, bei $d = 10$ bis $d = 20$ m und $e = 30$ bis 90 m ($e = 40$ bis 80 m ist genau gerechnet) zu ersehen. Bei den oberen Graphikons ist $R = 0{,}1$ und $1 N = 20$ kg, bei den unteren ist $R = 0{,}1$ und $1 N = 30$ kg. Die Geschwindigkeiten variieren von 10 bis 17 m.

G_r, H_r, N_r und Q_r haben die im Texte auf Seite 105 gegebene Bedeutung. Im Originale habe ich auch diese Linien verschiedenfärbig ausgezogen.

Tafel VI. Aus den Kurven dieser Tafel sind jene Daten zu entnehmen, welche gleich großen relativen Ballongesamtgewichten entsprechen.[61]

Tabelle 1 a.[65]

Zusammenstellung der größten Querschnittsflächen (F_φ), der Ballonoberflächen (O), der Ballonvolumina (V) von »**125 Ballons**«, sowie die zu deren Vorwärtsbewegung erforderlichen Pferdestärken bei $v = 10$ bis 17 Meter Eigengeschwindigkeit in der Sekunde. $\eta = 1,0$.

Ballontype	$d =$ Durchmesser d_r	d_i	F_φ Fläche größte	$0,263 F_\varphi$	$0,355 F_r$	$0,461 F_r$	$0,588 F_r$	$0,732 F_r$	$0,90 F_r$	$0,1092 F_r$	$1,31 F_r$	V_4	V_5	V_6	V_7	V_8	O_4	O_5	O_6	O_7	O_8
				Erforderliche Anzahl der Pferdestärken bei:								Volumina					Oberflächen				
				$v = 10$ m	$v = 11$ m	$v = 12$ m	$v = 13$ m	$v = 14$ m	$v = 15$ m	$v = 16$ m	$v = 17$ m	$e = 40$ m	$e = 50$ m	$e = 60$ m	$e = 70$ m	$e = 80$ m	$e = 40$ m	$e = 50$ m	$e = 60$ m	$e = 70$ m	$e = 80$ m
	m	m	qm	N	N	N	N	N	N	N	N	cbm	cbm	cbm	cbm	cbm	qm	qm	qm	qm	qm
A	8	6	50,26	**13**	17	23	29	36	45	51	65	**1760**	2150	2550	2940	3330	**1036**	1256	1476	1696	1916
B	9	7	63,61	**16**	22	29	37	46	57	69	83	**2320**	2830	3310	3850	4390	**1212**	1460	1712	1963	2214
C	**10**	8	**78,54**	**20**	**27**	**36**	**46**	**57**	**70**	**85**	**102**	**2970**	**3610**	**4260**	**4900**	**5550**	**1388**	**1671**	**1954**	**2236**	**2519**
D	11	9	95,03	**25**	33	43	55	69	85	103	124	**3710**	4500	5300	6080	6880	**1577**	1891	2205	2519	2834
E	12	10	113,09	**30**	40	52	66	82	101	123	148	**4550**	5500	6460	7420	8380	**1765**	2110	2456	2802	3147
F	13	11	132,73	**35**	47	61	78	97	119	144	173	**5480**	6620	7760	8890	10030	**1966**	2343	2721	3097	3474
G	14	12	153,93	**40**	54	70	90	112	138	168	201	**6510**	7850	9180	10520	11850	**2167**	2576	2984	3392	3801
H	**15**	**13**	**176,71**	**47**	**62**	**81**	**103**	**129**	**159**	**192**	**231**	**7650**	**9200**	**10750**	**12290**	**13840**	**2378**	**2818**	**3258**	**3697**	**4137**
J	16	14	201,06	**53**	71	94	118	147	180	219	263	**8890**	10660	12440	14210	15990	**2594**	3066	3537	4008	4479
K	17	15	226,98	**60**	80	104	133	166	204	247	297	**10250**	12260	14280	16300	18320	**2818**	3320	3823	4326	4828
L	18	16	254,46	**67**	90	117	149	186	229	277	333	**11710**	13990	16260	18540	20820	**3047**	3581	4115	4649	5183
M	19	17	283,52	**75**	100	130	166	207	256	306	371	**13290**	15840	18400	20950	23500	**3282**	3848	4414	4979	5544
N	**20**	**18**	**314,15**	**83**	**111**	**144**	**184**	**229**	**282**	**843**	**411**	**14990**	**17840**	**20680**	**23520**	**26360**	**3525**	**4122**	**4719**	**5315**	**5912**
O	21	19	346,36	**82**	122	158	203	253	311	378	453	**16820**	19970	23120	26260	29410	**3777**	4401	5029	5657	6286
P	22	20	380,13	**101**	134	175	223	278	342	415	497	**18770**	22240	25710	29180	32650	**4027**	4687	5347	6006	6666
Q	23	21	415,47	**110**	147	191	244	304	373	453	544	**20850**	24650	28460	32270	36080	**4287**	4978	5670	6361	7052
R	24	22	452,38	**120**	160	208	266	331	407	493	592	**23060**	27220	31380	35550	39710	**4554**	5277	6000	6722	7445
S	**25**	**23**	**490,87**	**130**	**174**	**226**	**288**	**359**	**441**	**536**	**643**	**26000**	**29930**	**34460**	**39000**	**43530**	**4827**	**5581**	**6336**	**7089**	**7843**
T	26	24	530,92	**141**	188	244	312	388	177	579	695	**27890**	32800	37720	42630	47550	**5107**	5903	6678	7463	8249
U	27	25	572,55	**152**	203	263	336	419	515	625	750	**30510**	35820	41140	46460	51780	**5393**	6210	7036	7844	8661
V	28	26	615,75	**163**	218	283	362	450	554	672	806	**33280**	39010	44740	50480	56210	**5685**	6533	7382	8230	9078
W	29	27	660,52	**175**	234	304	388	483	594	721	865	**36200**	42360	48530	54690	60860	**5984**	6864	7744	8623	9503
X	**30**	**28**	**706,85**	**188**	**250**	**325**	**415**	**517**	**637**	**771**	**925**	**39287**	**45950**	**52570**	**59200**	**65820**	**6300**	**7211**	**8123**	**9033**	**9945**
Y	40	38	1256,64	**334**	446	579	738	919	1131	1372	1646	**78900**	90846	102792	114739	126685	**9677**	10902	12126	13351	14575
Z	50	48	1963,50	**522**	697	905	1154	1437	1767	2144	2572	**137092**	155949	174805	193661	212518	**13696**	15235	16773	18312	19851

Tabelle 2a. »125 Ballons«

Angenommene Werte der **Einheitsgewichte eines Quadratmeters** Ballonstoff incl. Netzhemd und Takelage in kg zur Berechnung des relativen Ballonhüllengewichtes.

bei $v =$	10					11					12				
» $e =$	40	50	60	70	80	40	50	60	70	80	40	50	60	70	80
» $d = 10$	0,60	0,65	0,70	0,75	**0,80**	0,65	0,70	0,75	0,80	**0,85**	0,70	0,75	0,80	0,85	**0,90**
» » $= 15$	0,80	0,85	0,90	0,95	**1,00**	0,85	0,90	0,95	1,00	**1,05**	0,90	0,95	1,00	1,05	**1,10**
» » $= 20$	1,00	1,05	1,10	1,15	**1,20**	1,05	1,10	1,15	1,20	**1,25**	1,10	1,15	1,20	1,25	**1,30**
» » $= 25$	1,20	1,25	1,30	1,35	**1,40**	1,25	1,30	1,35	1,40	**1,45**	1,30	1,35	1,40	1,45	**1,50**
» » $= 30$	1,40	1,45	1.50	1,55	**1,60**	1,45	1,50	1,55	1,60	**1,65**	1,50	1,55	1,60	1,65	**1,70**
» $v =$	13					14					15				
» $d = 10$	0,75	0,80	0,85	0,90	**0,95**	0,80	0,85	0,90	0,95	**1,00**	0,85	0,90	0,95	1,00	**1,05**
» » $= 15$	0,95	1,00	1,05	1,10	**1,15**	1,00	1,05	1,10	1,15	**1,20**	1,05	1,10	1,15	1,20	**1,25**
» » $= 20$	1,15	1,20	1,25	1,30	**1,35**	1,20	1,25	1,30	1,35	**1,40**	1,25	1,30	1,35	1,40	**1,45**
» » $= 25$	1,35	1,40	1,45	1,50	**1,55**	1,40	1,45	1,50	1,55	**1,60**	1,45	1,50	1,55	1,60	**1,65**
» » $= 30$	1,55	1,60	1,65	1,70	**1,75**	1,60	1,65	1,70	1,75	**1,80**	1,65	1,70	1,75	1,80	**1,85**

Tabelle 3a. »125 Ballons«.

Angenommene Werte der **Einheitsgewichte eines Längenmeters** der Ballontraggerüstekonstruktion in kg zur Berechnung des relativen Ballontraggerüstegewichtes.

bei $v =$	10					11					12				
» $e =$	40	50	60	70	80	40	50	60	70	80	40	50	60	70	80
» $d = 10$	20	22,5	25	27,5	**30**	22,5	25	27,5	30	**32,5**	25	27,5	30	32,5	**35**
» » $= 15$	25	27,5	30	32,5	**35**	27,5	30	32,5	35	**37,5**	30	32,5	35	37,5	**40**
» » $= 20$	30	32,5	35	37,5	**40**	32,5	35	37,5	40	**42,5**	35	37,5	40	42,5	**45**
» » $= 25$	35	37,5	40	42,5	**45**	37,5	40	42,5	45	**47,5**	40	42,5	45	47,5	**50**
» » $= 30$	40	42,5	45	47,5	**50**	42,5	45	47,5	50	**52,5**	45	47,5	50	52,5	**55**
» $v =$	13					14					15				
» $d = 10$	27,5	30	32,5	35	**37,5**	30	32,5	35	37,5	**40**	32,5	35	37,5	40	**42,5**
» » $= 15$	32,5	35	37,5	40	**42,5**	35	37,5	40	42,5	**45**	37,5	40	42,5	45	**47,5**
» » $= 20$	37,5	40	42,5	45	**47,5**	40	42,5	45	47,5	**50**	42,5	45	47,5	50	**52,5**
» » $= 25$	42,5	45	47,5	50	**52,5**	45	47,5	50	52,5	**55**	47,5	50	52,5	55	**57,5**
» » $= 30$	47,5	50	52,5	55	**57,5**	50	52,5	55	57,5	**60**	52,5	55	57,5	60	**62,5**

H_r **Tabelle 4a.** **»125 Ballons«.**

Das relative **Ballonhüllengewicht** unter der Annahme auf Tabelle 2a.

bei v =	10					11					12				
» e =	40	50	60	70	80	40	50	60	70	80	40	50	60	70	80
» d = 10	·28$_0$	·30$_0$	·32$_1$	·34$_2$	**·36$_3$**	·30$_3$	·32$_3$	·34$_4$	·36$_4$	**·38$_5$**	·32$_7$	·34$_6$	·36$_6$	·38$_7$	**·40$_8$**
» » = 15	·24$_8$	·26$_0$	·27$_2$	·28$_5$	**·29$_9$**	·26$_4$	·27$_5$	·28$_8$	·30$_0$	**·31$_4$**	·27$_9$	·29$_0$	·30$_3$	·31$_5$	**·32$_9$**
» » = 20	·23$_5$	·24$_2$	·25$_1$	·26$_0$	**·26$_9$**	·24$_6$	·25$_4$	·26$_2$	·27$_1$	**·28$_0$**	·25$_8$	·26$_5$	·27$_3$	·28$_5$	**·29$_1$**
» » = 25	·22$_8$	·23$_3$	·23$_8$	·24$_5$	**·25$_2$**	·23$_7$	·24$_2$	·24$_7$	·25$_1$	**·26$_1$**	·24$_7$	·25$_1$	·25$_6$	·26$_3$	**·27$_0$**
» » = 30	·22$_1$	·22$_7$	·23$_1$	·23$_6$	**·24$_4$**	·23$_2$	·23$_5$	·23$_9$	·31$_4$	**·25$_1$**	·24$_0$	·24$_3$	·24$_7$	·25$_1$	**·25$_0$**
» v =	13					14					15				
» d = 10	·35$_1$	·37$_0$	·38$_9$	·41$_0$	**·43$_1$**	·37$_3$	·39$_3$	·41$_2$	·43$_3$	**·45$_4$**	·39$_7$	·41$_0$	·43$_5$	·45$_6$	**·47$_6$**
» » = 15	·29$_5$	·30$_6$	·31$_8$	·33$_0$	**·34$_4$**	·31$_0$	·32$_1$	·32$_3$	·34$_5$	**·35$_9$**	·32$_6$	·33$_6$	·34$_8$	·36$_0$	**·37$_4$**
» » = 20	·27$_0$	·27$_7$	·28$_5$	·29$_4$	**·30$_2$**	·28$_2$	·28$_8$	·29$_6$	·30$_5$	**·31$_4$**	·29$_3$	·30$_0$	·30$_8$	·31$_6$	**·32$_5$**
» » = 25	·25$_6$	·26$_0$	·26$_6$	·27$_3$	**·27$_9$**	·26$_6$	·27$_0$	·27$_5$	·28$_2$	**·28$_8$**	·27$_5$	·27$_9$	·28$_4$	·29$_1$	**·29$_7$**
» » = 30	·24$_8$	·25$_1$	·25$_4$	·25$_9$	**·26$_7$**	·25$_6$	·25$_9$	·26$_2$	·26$_7$	**·27$_4$**	·26$_4$	·26$_6$	·27$_0$	·27$_1$	**·28$_2$**

H_r = das relative Ballonhüllengewicht ist jenes, welches 1 cbm Ballongas von dem gesamten Hüllengewichte trägt. $H_r = \frac{O}{V} \cdot h$. Alle Zahlen der Tabelle sind in Meter (e, v und d) resp. in kg (H_r) abzulesen.

Q_r **Tabelle 5a.** **»125 Ballons«.**

Das relative **Ballontraggerüstegewicht** unter der Annahme auf Tabelle 3a.

bei v =	10					11					12				
» e =	40	50	60	70	80	40	50	60	70	80	40	50	60	70	80
» d = 10	·26$_9$	·31$_1$	·35$_2$	·39$_3$	**·43$_2$**	·30$_7$	·34$_6$	·38$_7$	·42$_8$	**·46$_8$**	·33$_6$	·38$_1$	·42$_2$	·46$_4$	**·50$_4$**
» » = 15	·13$_0$	·14$_9$	·16$_7$	·18$_5$	**·20$_2$**	·14$_4$	·16$_3$	·18$_1$	·19$_9$	**·21$_6$**	·15$_6$	·17$_6$	·19$_5$	·21$_3$	**·23$_1$**
» » = 20	·08$_0$	·09$_1$	·10$_1$	·11$_1$	**·12$_1$**	·08$_6$	·09$_8$	·10$_8$	·11$_9$	**·12$_9$**	·09$_3$	·10$_5$	·11$_6$	·12$_6$	**·13$_6$**
» » = 25	·05$_5$	·06$_2$	·07$_0$	·07$_6$	**·08$_2$**	·05$_9$	·06$_6$	·07$_4$	·08$_1$	**·08$_7$**	·06$_3$	·07$_1$	·07$_8$	·08$_5$	**·09$_1$**
» » = 30	·04$_0$	·04$_6$	·05$_1$	·05$_6$	**·06$_0$**	·04$_3$	·04$_9$	·05$_4$	·05$_9$	**·06$_3$**	·04$_5$	·05$_1$	·05$_7$	·06$_2$	**·06$_6$**
» v =	13					14					15				
» d = 10	·37	·41$_5$	·45$_7$	·50$_0$	**·54$_0$**	·40$_7$	·45$_0$	·49$_3$	·53$_5$	**·57$_6$**	·43$_7$	·48$_4$	·52$_8$	·57$_1$	**·61$_2$**
» » = 15	·17	·19$_0$	·20$_9$	·22$_8$	**·24$_5$**	·18$_3$	·20$_4$	·22$_3$	·24$_2$	**·26$_0$**	·19$_6$	·21$_8$	·23$_7$	·25$_6$	**·27$_5$**
» » = 20	·10$_0$	·11$_2$	·12$_3$	·13$_4$	**·14$_4$**	·10$_6$	·11$_8$	·13$_0$	·14$_1$	**·15$_2$**	·11$_3$	·12$_6$	·13$_7$	·14$_9$	**·15$_9$**
» » = 25	·06$_7$	·07$_5$	·08$_2$	·09$_0$	**·09$_6$**	·07$_0$	.07$_9$	·08$_7$	·09$_4$	**·10$_1$**	·07$_4$	·08$_3$	·09$_1$	·09$_8$	**·10$_5$**
» » = 30	·04$_8$	·05$_4$	·05$_8$	·06$_5$	**·06$_9$**	·05$_0$	·05$_7$	·06$_2$	·06$_8$	**·07$_3$**	·05$_3$	·06$_0$	·06$_5$	·07$_0$	**·07$_6$**

Q_r = das relative Ballontraggerüstegewicht, d. i. jenes, welches 1 cbm Ballongas von dem Gesamttraggerüstegewichte trägt. $Q_r = \frac{m \cdot e}{V}$, wobei m das Gewicht von 1 m Traggerüste und e die Länge desselben in Meter und V der Balloninhalt ist.

N_r **Tabelle 6 a** α. **»125 Ballons«.**

Das relative **Ballonmotorengewicht** bei **1 N = 30 kg** angenommen.

bei v =	10					11					12				
» e =	40	50	60	70	80	40	50	60	70	80	40	50	60	70	80
» d = 10	$\cdot 21_0$	$\cdot 17_2$	$\cdot 14_7$	$\cdot 12_6$	$\mathbf{\cdot 10_9}$	$\cdot 27_9$	$\cdot 22_8$	$\cdot 19_5$	$\cdot 16_8$	$\mathbf{\cdot 15_9}$	$\cdot 36_6$	$\cdot 30_0$	$\cdot 25_5$	$\cdot 21_9$	$\mathbf{\cdot 19_5}$
» » = 15	$\cdot 18_3$	$\cdot 15_3$	$\cdot 12_9$	$\cdot 11_1$	$\mathbf{\cdot 10_2}$	$\cdot 24_3$	$\cdot 20_4$	$\cdot 17_4$	$\cdot 15_3$	$\mathbf{\cdot 13_5}$	$\cdot 31_8$	$\cdot 26_1$	$\cdot 22_5$	$\cdot 19_8$	$\mathbf{\cdot 17_7}$
» » = 20	$\cdot 16_5$	$\cdot 13_8$	$\cdot 12_0$	$\cdot 10_5$	$\mathbf{\cdot 09_7}$	$\cdot 22_2$	$\cdot 18_7$	$\cdot 15_9$	$\cdot 14_1$	$\mathbf{\cdot 12_6}$	$\cdot 28_8$	$\cdot 24_3$	$\cdot 21_0$	$\cdot 18_3$	$\mathbf{\cdot 16_5}$
» » = 25	$\cdot 15_3$	$\cdot 12_9$	$\cdot 11_1$	$\cdot 09_9$	$\mathbf{\cdot 09_6}$	$\cdot 20_4$	$\cdot 17_4$	$\cdot 15_0$	$\cdot 13_2$	$\mathbf{\cdot 12_0}$	$\cdot 26_4$	$\cdot 22_5$	$\cdot 19_5$	$\cdot 17_4$	$\mathbf{\cdot 15_6}$
» » = 30	$\cdot 14_1$	$\cdot 12_0$	$\cdot 10_5$	$\cdot 09_3$	$\mathbf{\cdot 09_4}$	$\cdot 18_9$	$\cdot 16_3$	$\cdot 14_1$	$\cdot 12_6$	$\mathbf{\cdot 11_4}$	$\cdot 24_6$	$\cdot 21_0$	$\cdot 18_3$	$\cdot 16_2$	$\mathbf{\cdot 14_4}$
» e =	13					14					15				
» d = 10	$\cdot 46_5$	$\cdot 38_1$	$\cdot 32_4$	$\cdot 28_2$	$\mathbf{\cdot 24_9}$	$\cdot 57_9$	$\cdot 47_4$	$\cdot 40_5$	$\cdot 35_1$	$\mathbf{.30_9}$	$\cdot 70_5$	$\cdot 58_2$	$\cdot 49_5$	$\cdot 43_2$	$\mathbf{\cdot 38_1}$
» » = 15	$\cdot 40_5$	$\cdot 33_6$	$\cdot 28_8$	$\cdot 25_2$	$\mathbf{\cdot 22_5}$	$\cdot 50_4$	$\cdot 42_0$	$\cdot 36_0$	$\cdot 31_5$	$\mathbf{\cdot 28_2}$	$\cdot 62_4$	$\cdot 51_9$	$\cdot 44_1$	$\cdot 38_7$	$\mathbf{\cdot 34_5}$
» » = 20	$\cdot 36_9$	$\cdot 30_9$	$\cdot 26_7$	$\cdot 23_7$	$\mathbf{\cdot 21_0}$	$\cdot 46$	$\cdot 38_6$	$\cdot 33_3$	$\cdot 29_1$	$\mathbf{\cdot 25_8}$	$\cdot 57_0$	$\cdot 47_4$	$\cdot 40_8$	$\cdot 35_7$	$\mathbf{\cdot 32_1}$
» » = 25	$\cdot 33_9$	$\cdot 28_8$	$\cdot 24_9$	$\cdot 22_2$	$\mathbf{\cdot 19_8}$	$\cdot 42_3$	$\cdot 36_0$	$\cdot 30_3$	$\cdot 27_6$	$\mathbf{\cdot 24_6}$	$\cdot 52_2$	$\cdot 44_1$	$\cdot 38_4$	$\cdot 34_0$	$\mathbf{\cdot 30_3}$
» » = 30	$\cdot 31_5$	$\cdot 27_0$	$\cdot 23_7$	$\cdot 21_0$	$\mathbf{\cdot 18_6}$	$\cdot 39_3$	$\cdot 33_6$	$\cdot 29_4$	$\cdot 26_1$	$\mathbf{\cdot 23_4}$	$\cdot 48_3$	$\cdot 41_4$	$\cdot 36_3$	$\cdot 32_1$	$\mathbf{\cdot 28_8}$

N_r **Tabelle 6 a** β. **»125 Ballons«.**

Das relative **Ballonmotorengewicht 1 N = 20 kg** angenommen.

bei v =	10					11					12				
» e =	40	50	60	70	80	40	50	60	70	80	40	50	60	70	80
» d = 10	$\cdot 14_0$	$\cdot 11_5$	$\cdot 09_8$	$\cdot 08_4$	$\mathbf{\cdot 07_3}$	$\cdot 18_6$	$\cdot 15_2$	$\cdot 13_0$	$\cdot 11_2$	$\mathbf{\cdot 10_6}$	$\cdot 24_4$	$\cdot 19_8$	$\cdot 17_0$	$\cdot 14_6$	$\mathbf{\cdot 13_0}$
» » = 15	$\cdot 12_2$	$\cdot 10_2$	$\cdot 08_6$	$\cdot 07_4$	$\mathbf{\cdot 06_8}$	$\cdot 16_2$	$\cdot 13_6$	$\cdot 11_6$	$\cdot 10_2$	$\mathbf{.09_0}$	$\cdot 21_2$	$\cdot 17_4$	$\cdot 15_0$	$\cdot 13_2$	$\mathbf{\cdot 11_8}$
» » = 20	$\cdot 11_0$	$\cdot 09_2$	$\cdot 08_0$	$\cdot 07_0$	$\mathbf{\cdot 06_5}$	$\cdot 14_8$	$\cdot 12_5$	$\cdot 10_6$	$\cdot 09_4$	$\mathbf{\cdot 08_4}$	$\cdot 19_2$	$\cdot 16_2$	$\cdot 14_0$	$\cdot 12_2$	$\mathbf{\cdot 11_0}$
» » = 25	$\cdot 10_2$	$\cdot 08_6$	$\cdot 07_4$	$\cdot 06_6$	$\mathbf{\cdot 06_4}$	$\cdot 13_6$	$\cdot 11_6$	$\cdot 10_0$	$\cdot 08_8$	$\mathbf{\cdot 08_0}$	$\cdot 17_6$	$\cdot 15_0$	$\cdot 13_0$	$\cdot 11_6$	$\mathbf{\cdot 10_4}$
» » = 30	$\cdot 09_4$	$\cdot 08_0$	$\cdot 07_0$	$\cdot 06_2$	$\mathbf{\cdot 06_3}$	$\cdot 12_6$	$\cdot 10_0$	$\cdot 09_4$	$\cdot 08_4$	$\mathbf{\cdot 07_6}$	$\cdot 16_4$	$\cdot 14_0$	$\cdot 12_2$	$\cdot 10_8$	$\mathbf{\cdot 09_6}$
» v =	13					14					15				
» d = 10	$\cdot 31_0$	$\cdot 25_4$	$\cdot 21_6$	$\cdot 18_8$	$\mathbf{\cdot 16_6}$	$\cdot 38_6$	$\cdot 31_6$	$\cdot 27_0$	$\cdot 23_4$	$\mathbf{\cdot 20_6}$	$\cdot 47_0$	$\cdot 38_8$	$\cdot 33_0$	$\cdot 28_8$	$\mathbf{\cdot 25_4}$
» » = 15	$\cdot 27_0$	$\cdot 22_4$	$\cdot 19_2$	$\cdot 16_8$	$\mathbf{\cdot 15_0}$	$\cdot 33_6$	$\cdot 28_0$	$\cdot 24_0$	$\cdot 21_0$	$\mathbf{\cdot 18_8}$	$\cdot 41_6$	$\cdot 34_6$	$\cdot 29_4$	$\cdot 25_8$	$\mathbf{\cdot 23_0}$
» » = 20	$\cdot 24_6$	$\cdot 20_6$	$\cdot 17_8$	$\cdot 15_8$	$\mathbf{\cdot 14_0}$	$\cdot 30_6$	$\cdot 25_7$	$\cdot 22_2$	$\cdot 19_4$	$\mathbf{\cdot 17_2}$	$\cdot 38_0$	$\cdot 31_6$	$\cdot 27_2$	$\cdot 23_8$	$\mathbf{\cdot 21_4}$
» » = 25	$\cdot 22_6$	$\cdot 19_2$	$\cdot 16_6$	$\cdot 14_8$	$\mathbf{\cdot 13_2}$	$\cdot 28_2$	$\cdot 24_0$	$\cdot 20_2$	$\cdot 18_4$	$\mathbf{\cdot 16_4}$	$\cdot 34_8$	$\cdot 29_4$	$\cdot 25_6$	$\cdot 22_7$	$\mathbf{\cdot 20_2}$
» » = 30	$\cdot 21_0$	$\cdot 18_0$	$\cdot 15_8$	$\cdot 14_0$	$\mathbf{\cdot 12_4}$	$\cdot 26_2$	$\cdot 22_4$	$\cdot 19_6$	$\cdot 17_4$	$\mathbf{\cdot 15_6}$	$\cdot 32_2$	$\cdot 27_6$	$\cdot 24_2$	$\cdot 21_4$	$\mathbf{\cdot 19_2}$

N_r = das relative Ballonmotorengewicht, d. i. jenes, welches 1 cbm Ballongas von dem gesamten Motorengewicht trägt. $N_r = \frac{N\,k}{V}$, wobei N die Anzahl der Pferdestärken, k das Gewicht einer Luftballonpferdestärke bezeichnet.

G_r **Tabelle 7 a α.** **»125 Ballons«.**

Das relative **Ballongesamtgewicht,** d. i. jenes, welches vom Totalgewicht pro 1 cbm Traggas entfällt, ist bei **1 N = 30 kg** angenommen und **R = ·2 kg**

bei v =	10					11					12				
» e =	40	50	60	70	80	40	50	60	70	80	40	50	60	70	80
» d = 10	0,95	0,98	1,01	1,06	**1,10**	1,09	1,09	1,12	1,16	**1,21**	1,23	1,23	1,24	1,27	**1,30**
» » = 15	76	76	0,76	0,78	**0,80**	0,85	0,84	0,84	0,85	**0,86**	0,95	0,92	0,92	0,92	**0,93**
» » = 20	68	67	67	67	**68**	75	74	73	73	**73**	84	81	79	79	**79**
» » = 25	63	62	61	62	**63**	70	68	67	66	**66**	77	74	73	72	**71**
» » = 30	60	59	58	58	**60**	66	64	63	63	**63**	73	70	68	67	**67**
» v =	13					14					15				
» d = 10	1,38	1,36	1,37	1,39	**1,42**	1,56	1,51	1,51	1,52	**1,53**	1,73	1,68	1,65	1,66	**1,67**
» » = 15	1,07	1,03	1,01	1,01	**1,01**	1,19	1,14	1,11	1,10	**1,10**	1,34	1,27	1,22	1,20	**1,19**
» » = 20	0,93	0,90	0,87	0,86	**0,85**	1,04	0,99	0,95	0,93	**0,92**	1,17	1,10	1,05	1,02	**1,00**
» » = 25	86	82	79	78	**77**	0,96	90	86	85	**83**	1,07	1,00	0,96	0,93	**0,90**
» » = 30	81	77	75	73	**72**	90	85	81	79	**78**	1,00	0,94	89	86	**84**

G_r **Tabelle 7 a β.** **»125 Ballons«.**

Das relative **Ballongesamtgewicht** ist bei **1 N = 20 kg** angenommen und **R_r = ·1 kg.**

bei v =	10					11					12				
» e =	40	50	60	70	80	40	50	60	70	80	40	50	60	70	80
» d = 10	0,78	0,82	0,87	0,91	**0,96**$_8$	0,89	0,92	0,96	1,00	**1,06**$_0$	1,00	1,02	1,05	1,09	**1,14**$_3$
» » = 15	60	61	62	64	**97**$_0$	67	67	68	0,70	**0,72**$_0$	0,74	0,75	0,75	0,76	**0,77**$_8$
» » = 20	52	52	52	54	**55**$_5$	28	57	57	58	**59**$_3$	64	63	63	63	**63**$_7$
» » = 25	48	48	48	48	**49**$_9$	53	52	52	52	**52**$_8$	58	57	56	56	**56**$_7$
» » = 30	46	45	45	45	**46**$_8$	50	49	48	48	**49**$_1$	55	53	52	52	**52**$_2$
» v =	13					14					15				
» d = 10	1,13	1,13	1,16	1,19	**1,28**$_7$	1,26	1,25	1,27	1,30	**1,33**$_4$	1,40	1,38	1,39	1,41	**1,44**$_3$
» » = 15	0,83	0,82	0,82	0,82	**0,83**$_9$	0,93	0,90	0,89	0,89	**0,90**$_7$	1,03	1,00	0,98	0,97	**0,97**$_9$
» » = 20	71	69	68	68	**68**$_7$	79	76	74	74	**73**$_8$	0,88	0,84	81	80	**79**$_8$
» » = 25	64	62	61	61	**60**$_7$	71	68	66	66	**65**$_3$	79	75	73	71	**70**$_4$
» » = 30	60	58	57	56	**56**$_1$	67	64	62	60	**60**$_4$	74	70	67	65	**65**$_0$

G_r = das relative Ballongesamtgewicht, d. i. jenes, welches 1 cbm Ballongas von dem gesamten Ballongewicht trägt $G_r = H_r + N_r + Q_r + R_r$. e, v und d sind in Meter, die Zahlen in der Tabelle in kg abzulesen.

Tabelle 8 a α_1.

Übersichtliche Zusammenstellung der Volumina und der relativen Ballongewichte etc. von »**125 Ballons**«.
Das relative Ballonnutzgewicht ist R_r = **·2 kg** und **1 N = 30 kg** angenommen.

e		40					50					60					70					80				
		V	H_r	N_r	Q_r	G_r	V	H_r	N_r	Q_r	G_r	V	H_r	N_r	Q_r	G_r	V	H_r	N_r	Q_r	G_r	V	H_r	N_r	Q_r	G_r
r = 10																										
d	10	2,900	0,28	0,21	0,26	**0,95**	3,600	0,30	0,17	0,31	**0,98**	4,200	0,32	0,14	0,35	**1,02**	4,900	0,34	0,12	0,39	**1,06**	5,500	0,36	0,10	0,43	**1,10**
	11	3,700	27	20	22	**90**	4,500	28	16	26	**92**	5,300	30	14	29	**0,94**	6,000	32	12	32	**0,97**	6,800	34	10	36	**1,01**
	12	4,500	26	19	19	**85**	5,500	27	16	22	**86**	6,400	29	13	25	**88**	7,400	31	12	27	**91**	8,300	33	10	30	**0,94**
	13	5,400	25	19	16	**81**	6,600	27	15	19	**82**	7,700	28	13	21	**83**	8,800	30	11	21	**86**	10,000	31_8	10	26	**88**
	14	6,500	25	18	14	**78**	7,800	26	15	16	**79**	9,100	27	13	18	**80**	10,500	29	11	20	**81**	11,800	30_8	10	23	**84**
	15	7,600	24	18	13	**76**	9,200	26	15	14	**76**	10,700	27	12	16	**76**	12,200	28	11	18	**78**	13,800	29_4	10	20	**80**
	17	10,200	24	17_4	10	**72**	12,200	25	11	12	**71**	14,200	26	12	13	**72**	16,300	27	10	14	**73**	18,300	28	09_7	16	**74**
	18	11,700	23	17	09	**71**	13,900	.	.	10	**70**	16,200	.	.	12	**70**	18,500	.	.	13	**71**	20,800	27_5	09_5	14	**72**
	20	11,900	23	16_5	08	**68**	17,800	24	13	09	**67**	20,600	25	12	10	**67**	23,500	26	10	11	**67**	26,300	26	09_2	12	**68**
r = 11																										
	10	2,900	0,30	$0,27_7$	0,30	**1,09**	3,600	0,32	0,22	0,31	**1,09**	4,200	0,34	0,19	0,38	**1,12**	4,900	0,36	0,16	0,42	**1,16**	5,500	0,38	0,15	0,46	**1,21**
	11	3,700	29	27	25	**1,01**	4,500	31	22	28	**1,02**	5,300	32	13	32	**1,04**	6,000	34	16	35	**1,06**	6,800	36	14	38	**1,10**
	12	4,500	28	26	21	**0,96**	5,500	29	21	24	**0,96**	6,400	31	18	27	**0,97**	7,400	33	16	30	**0,99**	8,300	34	14	32	**1,01**
	13	5,400	27	25	18	**91**	6,600	29	21	21	**91**	7,700	30	18	23	**92**	8,800	32	15	26	**93**	10,000	33	13	28	**0,95**
	14	6,500	26	24	16	**88**	7,800	28	20	18	**87**	9,100	29	17	20	**87**	10,500	30	15	22	**89**	11,800	32	13	24	**90**
	15	7,600	26_4	24	14	**85**	9,200	27	20	16	**84**	10,700	28	17	18	**84**	12,200	30	15	19	**85**	13,800	31	13	21	**86**
	17	10,200	25	23	11	**80**	12,200	26	19	13	**79**	14,200	27	16	14	**78**	16,300	28	14	15	**79**	18,300	29	12	17	**79**
	18	11,700	25	22	10	**78**	13,900	.	.	11	**77**	16,200	26	.	13	**76**	18,500	.	.	14	**77**	20,800	29	12	15	**77**
	20	14,900	24	22	08	**75**	17,800	25	18	09	**74**	20,600	26	15	10	**72**	23,500	27	14	11	**73**	26,300	28	12	12	**73**
r = 12																										
	10	2,900	0,32	0,36	0,33	**1,22**	3,600	0,34	0,30	0,38	**1,22**	4,200	0,36	0,25	0,42	**1,24**	4,900	0,38	$0,21_9$	0,46	**1,27**	5,500	0,40	0,19	0,50	**1,30**
	11	3,700	31	35	28	**1,15**	4,500	33	29	31	**1,14**	5,300	34	24	35	**1,14**	6,000	36	21	38	**1,16**	6,900	38	18	41	**1,19**
	12	4,500	30	34	23	**1,08**	5,500	31	28	26	**1,06**	6,400	33	24	29	**1,07**	7,400	35	21	32	**1,08**	8,300	36	18	35	**1,10**
	13	5,400	29	33	20	**1,03**	6,600	30	27	23	**1,01**	7,700	32	23	25	**1,01**	8,800	33	20	27	**1,02**	10,000	35	18	30	**1,03**
	14	6,500	28_6	32	17	**0,99**	7,800	29	26	20	**0,96**	9,100	31	23	22	**0,96**	10,500	32	20	24	**0,97**	11,800	34	18	27	**0,99**
	15	7,600	27_9	31	15	**95**	9,200	29	26	17	**92**	10,700	30	22	19	**92**	12,200	31	19	21	**92**	13,800	32	17	23	**93**
	17	10,200	26_9	30	12	**90**	12,200	27	25	14	**87**	14,400	28	21	15	**86**	16,300	29	19	16	**86**	18,300	31	17	18	**86**
	18	11,700	26_3	30	11	**87**	13,900	.	.	12	**85**	26,20	.	.	14	**84**	18,500	.	.	15	**83**	20,800	30	16	16	**82**
	20	14,900	25_8	28	09	**84**	17,800	26	34	10	**81**	20,600	27	21	11	**79**	23,500	28	18	12	**79**	26,300	29	16	13	**79**

Tabelle 8a α_2.

Übersichtliche Zusammenstellung der Volumina und der relativen Ballongewichte etc. von **»125 Ballons«**.

Das relative Ballonnutzgewicht ist $R_r = \cdot 2$ **kg** und **1** $N = 30$ **kg** angenommen.

e = 40

v =	d =	V	H_r	N_r	Q_r	G_r
13	10	2 900	0,35	0,46	0,37	**1,38**
	11	3 700	33	45	30	**1,29**
	12	4 500	32	43	25	**1,21**
	13	5 400	31	42	22	**1,16**
	14	6 500	30	41	19	**1,11**
	15	7 600	29	40	17	**1,07**
	17	10 200	28	39	13	**1,00**
	18	11 700	27	38	12	**0,98**
	20	11 900	27	36	10	**93**
14	10	2 900	0,37	0,57	0,40	**1,56**
	11	3 700	35	56	33	**1,45**
	12	4 500	34	54	28	**1,36**
	13	5 100	33	53	24	**1,31**
	14	6 500	31	51	20	**1,24**
	15	7 600	31	50	18	**1,19**
	17	10 200	29	48	14	**1,13**
	18	11 700	29	47	13	**1,10**
	20	11 900	28	45	10	**1,04**
15	10	2 900	0,39	0,70	0,43	**1,73**
	11	3 700	37	68	36	**1,62**
	12	4 500	36	66	30	**1,53**
	13	5 400	34	65	26	**1,45**
	14	6 500	33	63	22	**1,39**
	15	7 600	32	62	19	**1,34**
	17	10 200	31	59	15	**1,26**
	18	11 700	30	58	13	**1,22**
	20	11 900	29	57	11	**1,17**

e = 50

v =	d =	V	H_r	N_r	Q_r	G_r
13	10	3 600	0,37	0,38	0,41	**1,37**
	11	4 500	35	37	34	**1,26**
	12	5 500	33	36	29	**1,18**
	13	6 600	32	35	24	**1,12**
	14	7 800	31	34	21	**1,07**
	15	9 200	30	33	19	**1,03**
	17	12 200	29	32	15	**0,96**
	18	13 900	.	.	13	**94**
	20	17 800	27	30	11	**89**
14	10	3 600	0,39	0,47	0,45	**1,51**
	11	4 500	37	46	37	**1,40**
	12	5 500	35	45	31	**1,32**
	13	6 600	34	43	26	**1,24**
	14	7 800	33	42	23	**1,19**
	15	9 200	32	42	20	**1,14**
	17	12 200	30	40	16	**1,07**
	18	13 900	.	.	14	**1,04**
	20	17 800	28	38	11	**0,99**
15	10	3 600	0,41	0,58	0,48	**1,68**
	11	4 500	39	56	40	**1,56**
	12	5 500	37	55	33	**1,46**
	13	6 600	36	54	28	**1,38**
	14	7 800	34	52	24	**1,32**
	15	9 200	33	51	21	**1,27**
	17	12 200	31	49	17	**1,18**
	18	13 900	.	.	15	**1,15**
	20	17 800	30	47	12	**1,10**

e = 60

v =	d =	V	H_r	N_r	Q_r	G_r
13	10	4 200	0,39	0,32	0,45	**1,37**
	11	5 300	37	31	37	**1,26**
	12	6 400	35	30	32	**1,18**
	13	7 700	34	30	27	**1,11**
	14	9 100	32	29	23	**1,06**
	15	10 700	31	28_8	20	**1,01**
	17	14 200	30	27_9	16	**0,94**
	18	16 200	.	.	14	**92**
	20	20 600	28	26_7	12	**88**
14	10	4 200	0,41	0,40	0,49	**1,51**
	11	5 300	39	39	40	**1,39**
	12	6 400	37	38	34	**1,29**
	13	7 700	35	37	29	**1,22**
	14	9 100	34	36	25	**1,16**
	15	10 700	33	36	22	**1,11**
	17	14 200	31	34	17	**1,04**
	18	16 200	.	.	15	**1,00**
	20	20 600	29	33	13	**0,95**
15	10	4 200	0,43	0,49	0,52	**1,65**
	11	5 300	41	48	43	**1,53**
	12	6 400	39	46	36	**1,42**
	13	7 700	37	45	31	**1,34**
	14	9 100	36	45	27	**1,28**
	15	10 700	34	44	23	**1,22**
	17	14 200	33	42	18	**1,14**
	18	16 200	.	.	16	**1,11**
	20	20 600	30	40	13	**1,05**

e = 70

v =	d =	V	H_r	N_r	Q_r	G_r
13	10	4 900	0,41	0,28	0,50	**1,39**
	11	6 000	38	27	41	**1,27**
	12	7 400	37	26	34	**1,18**
	13	8 800	35	26	30	**1,11**
	14	10 500	34	25	25	**1,05**
	15	12 200	33	25	22	**1,01**
	17	16 300	31	24	18	**0,94**
	18	18 500	.	.	16	**91**
	20	23 500	29	23	13	**86**
14	10	4 900	0,43	0,35	0,53	**1,51**
	11	6 000	41	34	44	**1,39**
	12	7 400	38	33	37	**1,29**
	13	8 800	37	32	31	**1,21**
	14	10 500	35	32	27	**1,15**
	15	12 200	34	31	24	**1,10**
	17	16 300	32	30	19	**1,02**
	18	18 500	.	.	17	**0,99**
	20	23 500	30	29	14	**93**
15	10	4 900	0,45	0,43	0,57	**1,65**
	11	6 000	43	42	47	**1,52**
	12	7 400	40	40	39	**1,41**
	13	8 800	39	40	33	**1,33**
	14	10 500	37	39	29	**1,25**
	15	12 200	36	38	25	**1,20**
	17	16 300	33	37	20	**1,11**
	18	18 500	.	.	18	**1,07**
	20	23 500	31	35	14	**1,02**

e = 80

v =	d =	V	H_r	N_r	Q_r	G_r
13	10	5 550	0,43	0,24	0,54	**1,42**
	11	6 880	40	24	44	**1,29**
	12	8 380	38	23	37	**1,20**
	13	10 030	37	23	32	**1,12**
	14	11 850	35	22	28	**1,06**
	15	13 840	34	22	24	**1,01**
	17	18 320	32	21	19	**0,93**
	18	20 820	31	21	17	**90**
	20	26 360	30	21	14	**85**
14	10	5 550	0,45	0,30	0,57	**1,53**
	11	6 880	43	30	47	**1,40**
	12	8 380	40	29	40	**1,29**
	13	10 030	38	28	34	**1,21**
	14	11 850	37	28	29	**1,15**
	15	13 840	35	28	26	**1,10**
	17	18 320	33	27	20	**1,01**
	18	20 820	32	26	18	**0,98**
	20	26 360	31	25	15	**92**
15	10	5 550	0,47	0,38	0,61	**1,67**
	11	6 880	45	37	50	**1,52**
	12	8 380	42	36	42	**1,41**
	13	10 030	40	35	36	**1,32**
	14	11 850	36	35	31	**1,25**
	15	13 840	37	34	27	**1,19**
	17	18 320	35	33	21	**1,09**
	18	20 820	34	33	19	**1,06**
	20	26 360	32	32	15	**1,00**

Tabelle 8a α_3.

Übersichtliche Zusammenstellung der Volumina und der relativen Ballongewichte etc. von **»125 Ballons«**.
Das relative Ballonnutzgewicht ist $R_r = \cdot 2$ **kg** und **1 N = 30 kg** angenommen.

c =	40					50					60					70					80				
r = 16																									
	V	H_r	N_r	Q_r	G_r	V	H_r	N_r	Q_r	G_r	V	H_r	N_r	Q_r	G_r	V	H_r	N_r	Q_r	G_r	V	H_r	N_r	Q_r	G_r
d = 10	2 970	0,42	0,86	0,47	**1,95**	3 610	0,43	0,71	0,51	**1,86**	4 260	0,45	0,60	0,56	**1,82**	4 900	0,47₅	0,52	0,60	**1,80**	5 550	0,49	0,46	0,64	**1,81**
11	3 710	39	84	38	**1,82**	4 500	41	69	42	**1,73**	5 300	43	58	46	**1,68**	6 090	45	51	50	**1,66**	6 880	47	45	53	**1,65**
12	4 550	38	81	32	**1,71**	5 500	39	67	35	**1,62**	6 460	41	57	39	**1,57**	7 420	42	49	41	**1,54**	8 380	44	44	44	**1,53**
13	5 480	36	79	27	**1,63**	6 620	37	65	30	**1,54**	7 760	39	56	33	**1,48**	8 890	40	48	35	**1,45**	10 030	42	43	37	**1,43**
14	6 510	35	77	23	**1,56**	7 850	36	64	26	**1,47**	9 180	37	55	28	**1,41**	10 520	38	48	30	**1,37**	11 850	40	42	34	**1,36**
15	7 650	34	75	21	**1,50**	9 200	35	62	23	**1,41**	10 750	36	53	25	**1,35**	12 290	37	47	27	**1,31**	13 840	38	41	28	**1,29**
17	10 250	32	72	16	**1,41**	12 260	33	60	18	**1,31**	14 280	34	51	19	**1,25**	16 300	35	45	21	**1,22**	18 320	36	40	22	**1,19**
18	11 710	.	.	11	.	13 990	.	.	17	.	16 260	.	.	17	.	18 540	.	.	19	.	20 820	.	.	20	.
20	14 990	30	68	12	**1,31**	17 840	31	57	13	**1,22**	20 680	31	49	14	**1,16**	23 520	32	43	15	**1,11**	26 360	33	39	16	**1,09**
r = 17																									
d = 10	2 970	0,41	1,03	0,50	**2,18**	3 610	0,46	0,85	0,55	**2,06**	4 260	0,48	0,72	0,59	**2,00**	4 900	0,50	0,62	0,64	**1,97**	5 550	0,52	0,55	0,68	**1,96**
11	3 710	41	1,00	41	**2,04**	4 500	43	82	45	**1,91**	5 300	45	70	49	**1,85**	6 090	47	61	52	**1,81**	6 880	49	54	56	**1,79**
12	4 550	39	0,97	32	**1,90**	5 500	41	80	38	**1,80**	6 460	42	68	41	**1,73**	7 420	44	59	44	**1,68**	8 380	46	52	47	**1,66**
13	5 180	38	95	29	**1,83**	6 620	39	78	32	**1,70**	7 760	40	67	35	**1,63**	8 890	42	58	37	**1,58**	10 030	43	51₉	40	**1,56**
14	6 510	36	92	25	**1,75**	7 850	38	77	29	**1,64**	9 180	39	65	30	**1,55**	10 520	40	57	32	**1,50**	11 850	42	51	34	**1,47**
15	7 650	35	90	22	**1,68**	9 200	36	75	24	**1,56**	10 750	37	64	26	**1,48**	12 290	39	56	28	**1,43**	13 840	40	50	30	**1,40**
17	10 250	33	87	17	**1,58**	12 260	34	72	19	**1,46**	14 280	35	62	20	**1,38**	16 300	36	54	22	**1,33**	18 320	37	48	23	**1,30**
18	11 710	.	.	15	.	13 990	.	.	17	.	16 260	.	.	18	.	18 540	.	.	20	.	20 820	.	.	21	.
20	14 990	31	82	12	**1,46**	17 840	32	69	14	**1,35**	20 680	33	59	15	**1,27**	23 520	33	52	16	**1,22**	26 360	34	46	17	**1,19**

Tabelle 8a β_1.

Übersichtliche Zuzammenstellung der Volumina und der relativen Ballongewichte etc. von »125 Ballons«.

Das relative Ballonnutzgewicht ist $R_r = \cdot 1$ kg und $1\ N = 20$ kg angenommen.

$e =$	40					50					60					70					80				
$v =$	10																								
	V	H_r	N_r	Q_r	G_r	V	H_r	N_r	Q_r	G_r	V	H_r	N_r	Q_r	G_r	V	H_r	N_r	Q_r	G_r	V	H_r	N_r	Q_r	G_r
$d =$ 10	2 970	0.28	0.14	0.27	**0,79**	3 610	0.30	0.11_5	0.31	**0,82**	4 260	0,32	$0,09_6$	0,35	**0,87**	4 900	0,34	$0,08_4$	0,39	**0,92**	5 550	0,36	$0,07_3$	0,43	**0,96**
11	3 710	27	13_4	23	**73**	4 500	29	11_2	26	**76**	5 300	30	09_4	29	**79_6**	6 090	32	08_2	32	**83**	6 880	34	07_2	36	**88**
12	4 550	26	13_0	19	**68**	5 500	28	10_8	22	**71**	6 460	29	09_2	25	**74**	7 420	31	08_0	27	**77**	8 380	33	07_1	30	**80**
13	5 480	25_7	12_8	16	**65**	6 620	27	10_6	19	**67**	7 760	28_7	09_0	21	**69**	8 890	30	07_8	24	**72**	10 030	31_8	07_0	26	**75**
14	6 510	25_2	12_4	14	**62**	7 850	26_5	10_4	17	**64**	9 180	28_0	08_8	19	**65**	10 520	29	07_6	21	**67**	11 850	30_4	06_9	23	**71**
15	7 650	24_8	12_2	13	**60**	9 200	26_0	10_2	15	**61**	10 750	27	08_6	16	**62**	12 290	28	07_4	18	**64**	13 840	30_0	06_8	20	**67**
17	10 250	24_2	11_8	10	**56**	12 260	25	09_8	12	**57**	14 280	26	08_4	13	**58**	16 300	27	07_2	15	**59**	18 320	28	06_7	16	**61**
18	11 710	23_5		09_6	**54**	13 990	.	.	11	**55**	16 260	.	.	12	**56**	18 540	.	.	13	**57**	20 820	27_5	06_6	14	**59**
20	14 990	23	11_0	08	**52**	17 840	24	09_2	09	**52**	20 680	25	08_0	10	**53**	23 520	26	07_0	11	**64**	26 360	27	06_5	12	**55**
$v =$	11																								
$d =$ 10	2 970	0.30	0.18_8	0.30	**0,89**	3 610	0.32	0.15	0.34	**0,92**	4 260	0.34	0.13_0	0.38	**0,96**	4 900	0.36	0.11_2	0.42	**1,00**	5 550	0.38	$0,10_5$	0,46	**1,06**
11	3 710	29	18_4	25	**82**	4 500	31	14_8	29	**84**	5 300	32	12_8	32	**87**	6 090	34	11_0	35	**0,91**	6 880	36_8	09_8	39	**0,95**
12	4 550	28	17_9	21	**77**	5 500	30	14_4	24	**79**	6 460	31	12_4	27	**81**	7 420	33	10_8	30	**84**	8 380	35	09_4	33	**87**
13	5 480	27	17_4	18	**73**	6 620	29	14_2	21	**74**	7 760	30	12_0	23	**76**	8 890	32	10_6	26	**78**	10 030	33	09_2	28	**81**
14	6 510	26_6	16_8	16	**70**	7 850	28	13_9	18	**70**	9 180	29	11_8	20	**72**	10 520	31	10_4	22	**74**	11 850	32	09_2	24	**76**
15	7 650	26_1	16_4	14	**67**	9 200	27	13_6	16	**67**	10 750	28	11_6	18	**69**	12 290	30	10_2	19_0	**70**	13 840	31	09_0	21	**72**
17	10 250	25	15_4	11	**62**	12 260	26_5	13_1	13	**62**	14 280	27_6	11_2	14	**63**	16 300	28_8	09_8	15_0	**64**	18 320	29	08_6	17	**65**
18	11 710	25	.	10	**61**	13 990	.	.	11	**61**	16 260	.	.	13	**61**	18 540	.	.	14	**62**	20 820	29	.	15	**63**
20	14 990	24	14_8	08_8	**58**	17 840	25	12_5	09_8	**57**	20 680	26_2	10_6	11	**57**	23 520	27	09_4	12	**58**	26 360	28	08_4	13	**59**
$v =$	12																								
$d =$ 10	2 970	0.32	0.24_4	0.33	**1,00**	3 600	0.34	0.19_8	0.38	**1,02**	4 260	0.36	0.17_6	0.42	**1,06**	4 900	0.38	$0,14_6$	0,46	**1,09**	5 550	$0,40_8$	$0,13_0$	0,50	**1,14**
11	3 710	31	23_8	28	**0,93**	4 500	33	19_4	31	**0,94**	5 300	34	16_4	35	**0,96**	6 090	37	14_2	38	**0,99**	6 880	38_4	12_6	41_8	**1,03**
12	4 550	30	22_8	23	**86**	5 500	31_8	18_8	26	**87**	6 460	33	16_0	30	**89**	7 420	35	14_0	32	**91**	8 380	36_8	12_4	35	**0,94**
13	5 480	29	22_4	20	**82**	6 620	30_8	18_4	23	**82**	7 760	32	15_6	25	**83**	8 890	33	13_6	28	**85**	10 030	35	12_2	30	**87**
14	6 510	28_6	21_8	17	**78**	7 850	29_8	17_8	20	**77**	9 180	31	15_4	22	**78**	10 520	32	13_6	24	**80**	11 850	34	12_0	27	**83**
15	7 650	28_0	21_2	15	**74**	9 200	29_0	17_4	17	**75**	10 750	30	15_0	19	**75**	12 290	31	13_2	21	**76**	13 840	32_9	11_8	23	**77**
17	10 250	27_2	20_4	12	**70**	12 260	27_6	16_8	14	**68**	14 280	29	14_6	15	**69**	16 300	30	12_8	17	**69**	18 320	31	11_4	18	**70**
18	11 710	26		11	**68**	13 990		.	12	**67**	16 260	.	.	14	**66**	18 540	.	.	15	**67**	20 820	30	.	16	**67**
20	14 990	25_8	19_2	09	**64**	17 840	26_2	16_2	10	**63**	20 680	27	14_0	11	**63**	23 520	28	12_2	12	**63**	26 360	29	11_0	13	**63**

Tabelle 8a β_2.

Übersichtliche Zusammenstellung der Volumina und der relativen Ballongewichte etc. von »**125 Ballons**«.
Das relative Ballonnutzgewicht ist $R_r = \cdot 1$ **kg** und **1** N = **20 kg** angenommen.

$v =$		40					50					60					70					80				
$r =$												13														
		V	H_r	N_r	Q_r	G_r	V	H_r	N_r	Q_r	G_r	V	H_r	N_r	Q_r	G_r	V	H_r	N_r	Q_r	G_r	V	H_r	N_r	Q_r	G_r
$d =$	10	2 970	0,35	0,31	0,37	**1,13**	3 610	0,37	0,25$_1$	0,41	**1,11**	4 260	0,39	0,21$_6$	0,45	**1,16**	4 900	0,41	0,18$_8$	0,50	**1,20**	5 550	0,43	0,16$_6$	0,54	**1,23**
	11	3 710	33	30	30	**1,04**	4 500	35	24$_6$	34	**1,04**	5 300	37	21$_0$	38	**1,06**	6 090	39	18$_2$	41	**1,08**	6 880	41	16$_2$	44	**1,11**
	12	4 550	32	29	26	**0,97**	5 500	33	24	29	**0,96**	6 460	35	20$_4$	32	**0,97$_5$**	7 420	37	17$_8$	35	**0,99**	8 380	38	15$_8$	37	**1,02**
	13	5 480	31	28	22	**91**	6 620	32	23$_4$	24	**90**	7 760	34	20$_6$	27	**91**	8 890	35	17$_4$	30	**93**	10 030	37	15$_4$	32	**0,94**
	14	6 510	30	27$_6$	19	**87**	7 850	31	23$_0$	21	**86**	9 180	32	19$_6$	24	**86**	10 520	34	17$_2$	26	**87**	11 850	35	15$_2$	28	**89**
	15	7 650	29	27$_0$	17	**83**	9 200	30	22	19	**82**	10 750	31	19$_2$	21	**82**	12 290	33	16$_8$	22	**82**	13 840	34	15$_0$	24	**84**
	17	10 250	28	26	13	**77**	12 260	29	21	15	**76**	14 280	30	18$_6$	16	**75**	16 300	31	16$_4$	18	**75**	18 320	32	14$_4$	19	**76**
	18	11 710	27		12	**76**	13 990	.	.	13	**73**	16 260	.	.	15	**73**	18 540	.	.	16	**72**	20 820	31	.	17	**73**
	20	14 990	27	24	10	**71**	17 840	27$_7$	20	11	**69**	20 680	28	17$_8$	12	**68**	23 520	29	15$_8$	13	**68**	26 360	30	14$_0$	14	**68**
$r =$												14														
$d =$	10	2 970	0,37	0,38	0,40	**1,26**	3 610	0,39	0,31	0,45	**1,26**	4 260	0,41	0,27	0,49	**1,27**	4 900	0,43	0,23	0,53	**1,30**	5 550	0,45	0,20$_6$	0,57	**1,33**
	11	3 710	35	37	33	**1,16**	4 500	37	30$_8$	37	**1,15**	5 300	39	26	40	**1,16**	6 090	41	22$_8$	44	**1,18**	6 880	43	20$_0$	47	**1,20**
	12	4 550	34	36	28	**1,08**	5 500	35	30$_0$	31	**1,07**	6 460	37	25$_4$	34	**1,07**	7 420	39	22$_2$	37	**1,08**	8 380	40	19$_4$	40	**1,10**
	13	5 480	33	35	24	**1,03**	6 620	34	29	26	**1,00**	7 760	35	25$_0$	29	**1,00**	8 890	37	21$_8$	32	**1,01**	10 030	38	19$_2$	34	**1,02**
	14	6 510	32	34	21	**0,97**	7 850	33	28$_6$	23	**0,95**	9 180	34	24$_4$	25	**0,94**	10 520	35	21$_4$	27	**0,94**	11 850	37	19$_0$	29	**0,96**
	15	7 650	31	33	18	**93**	9 200	32	28$_0$	20	**90**	10 750	33	24$_0$	22	**89**	12 290	34	21$_0$	24	**89**	13 840	36	18$_8$	26	**90**
	17	10 250	29	32	14	**86**	12 260	30	27$_0$	16	**83**	14 280	31	23	17	**82**	16 300	32	20	19	**82**	18 320	33	18$_0$	20	**82**
	18	11 710	29	.	13	**84**	13 990	.	.	14	**81**	16 260	.	.	15$_8$	**79**	18 540		.	17	**79**	20 820	32	.	18	**79**
	20	14 990	28	30	10	**79**	17 840	28$_8$	25	11$_8$	**76$_4$**	20 680	29	22	13	**74$_8$**	23 520	30	19	14	**74**	26 360	31	17	15	**73**
$r =$												15														
$d =$	10	2 970	0,39	0,47	0,43	**1,40**	3 610	0,41	0,38	0,48	**1,38**	4 260	0,43	0,33	0,52	**1,39**	4 900	0,45	0,28$_8$	0,57	**1,41**	5 550	0,47	0,25	0,61	**1,44**
	11	3 710	37	45	36	**1,29**	4 500	39	37	40	**1,27**	5 300	41	32	43	**1,27**	6 090	43	28$_0$	47	**1,28**	6 880	45	24$_8$	50	**1,30**
	12	4 550	36	44	30	**1,20**	5 500	37	36$_8$	33	**1,18**	6 460	39	31	36	**1,17**	7 420	40	27$_2$	39	**1,17**	8 380	42	24$_2$	42	**1,19**
	13	5 480	34	43	26	**1,14**	6 620	36	36$_0$	28	**1,10**	7 760	37	30$_6$	31	**1,09**	8 890	38$_9$	26$_8$	33	**1,09**	10 030	40	23$_8$	36	**1,10**
	14	6 510	33	42	22	**1,08**	7 850	34	35	24	**1,04**	9 180	36	30	27	**1,03**	10 520	37	26$_2$	29	**1,02**	11 850	39	23$_4$	31	**1,03**
	15	7 650	32	41	19	**1,03**	9 200	33	34	21	**1,00**	10 750	34	29	23	**0,98**	12 290	36	25$_8$	25	**0,97**	13 840	37	23$_0$	27	**0,98**
	17	10 250	31	40	15	**0,96**	12 260	32	33	17	**0,92**	14 280	33	28	18	**90**	16 300	34	25$_0$	20	**89**	18 320	35	22	21	**88**
	18	11 710	30	.	13$_8$	**93**	13 990	.	.	15	**89**	16 260	.	.	16	**86**	18 540	.		18	**86**	20 820	34	.	19	**85**
	20	14 990	29	38	11	**88**	17 840	30	31	12	**84**	20 680	30	27	13	**81**	23 520	31	23$_8$	15	**80**	26 360	32	21	16	**79**

Tabelle 8 a β_3.

Übersichtliche Zusammenstellung der Volumina und der relativen Ballongewichte etc. von »**125 Ballons**«.
Das relative Ballonnutzgewicht ist $R_r = \cdot 1$ **kg** und $1 N = 20$ **kg** angenommen.

$e =$	40					50					60					70					80				
$r =$	16																								
	V	H_r	N_r	Q_r	G_r	V	H_r	N_r	Q_r	G_r	V	H_r	N_r	Q_r	G_r	V	H_r	N_r	Q_r	G_r	V	H_r	N_r	Q_r	G_r
$d =$ 10	2 970	0,42	0,57	0,47	**1,56**	3 610	$0,43_5$	0,47	0,51	**1,53**	4 260	0,45	0,40	0,56	**1,52**	4 900	0,47	$0,34_8$	0,60	**1,53**	5 550	0,50	$0,30_8$	0,64	**1,55**
11	3 710	39_8	56	38_8	**1 44**	4 500	41	46	42	**1,10**	5 300	43	39	46	**1,38**	6 090	45	34	50	**1,39**	6 880	47	30	53	**1,40**
12	4 550	38	54	32	**1,34**	5 500	39	44	36	**1,30**	6 460	41	38	39	**1,28**	7 420	42	33_2	41_8	**1,27**	8 380	44_5	29_4	44	**1,29**
13	5 480	36	53	27	**1,27**	6 620	37	43	30	**1,22**	7 760	39	37	33	**$1,19_5$**	8 890	40	32_6	35	**1,19**	10 030	42	28_8	38	**1,19**
14	6 510	35	51	24	**1,20**	7 850	36	42	26	**1,15**	9 180	37	36	28	**1,13**	10 520	39_0	32_0	31	**1,12**	11 850	40	28_2	34	**1,12**
15	7 650	34	50	21	**1,15**	9 200	35	41	23	**1,10**	10 750	36	35	25	**1,07**	12 290	37_5	31_4	27	**1,06**	13 840	38	27_8	29	**1,05**
17	10 250	32	48	16	**1,07**	12 260	33	40	18	**1,01**	14 280	34	34	19	**0,98**	16 300	35	30	21	**0,97**	18 320	36	27	22	**0,96**
18	11 710	.	.	14	.	13 990	.	.	17	.	16 260	.	.	17	.	18 540	.	.	19	.	20 820	.	.	20	.
20	14 990	30	45	12	**0,98**	17 840	31	38	13	**0,93**	20 680	31	33	14	**0,89**	23 520	32	29	15	**87**	26 360	33	26	16	**86**
$r =$	17																								
$d =$ 10	2 970	0,44	0,69	0,50	**1,74**	3 610	0,46	0,56	0,55	**1,68**	4 260	0,48	0,48	0,59	**1,66**	4 900	0,50	$0,41_8$	0,64	**1,66**	5 550	0,52	0,37	0,68	**1,67**
11	3 710	42	67	41	**1,60**	4 500	43	55	45	**1,54**	5 300	45	47	49	**1,51**	6 090	47	40_8	52	**1,51**	6 880	49	36	56	**1,51**
12	4 550	40	65	32	**1,47**	5 500	41	53_5	38	**1,43**	6 460	42_4	45_8	41	**1,40**	7 420	44	39_8	41	**1,38**	8 380	46	35	47	**1,38**
13	5 480	38	63	29	**1,41**	6 620	39	52	32	**1,34**	7 760	40_1	44_8	35	**1,31**	8 890	42	39_0	37	**1,29**	10 030	44	34_6	40	**1,28**
14	6 510	36	61	25	**1,34**	7 850	38	51	29	**1,28**	9 180	39	43_8	30	**1,23**	10 520	40	38	32	**1,21**	11 850	42	34_0	34	**1,21**
15	7 650	35	60	22	**1,28**	9 200	36	50	24	**1,21**	10 750	37_5	43_0	26	**1,17**	12 290	39	37	28	**1,15**	13 840	40	33	30	**1,14**
17	10 250	33	58	17	**1,19**	12 260	34	48	19	**1,12**	14 280	35	41	20	**1,08**	16 300	36	36	22	**1,05**	18 320	37	32	23	**1,03**
18	11 710	.	.	15		13 990	.	.	17	.	16 260	.	.	18	.	18 540	.	.	20	.	20 820	.	.	21	.
20	14 990	31	54	12	**1,09**	17 840	32	46	14	**1,02**	20 680	33	39_8	15	**0,98**	23 520	34	35	16	**0,95**	26 360	34	31	17	**0,93**

Viertes Kapitel.

Kritische Besprechung der Rechnungsresultate von »125 Ballons«. — Einfluss der relativen Ballonnutzlast. — Einfluss des relativen Ballonhüllengewichtes. — Einfluss des relativen Ballontraggerüstegewichtes. — Einfluss des relativen Ballonmotorengewichtes. — Einfluss der Rumpflänge auf R_r, H_r, Q_r und N_r. — Einfluss des relativen Ballongesamtgewichtes. — Schlüsse aus den graphischen Darstellungen.

Kritische Besprechung der Rechnungsresultate von »125 Ballons«.

Es handelt sich jetzt darum, aus diesen Tabellen und den graphischen Darstellungen die sich ergebenden Schlüsse über den Einfluss der relativen Ballongewichte bei wachsendem Durchmesser, zunehmender Rumpflänge, daraus resultierender Tragfähigkeit und bei zunehmender Geschwindigkeit zu ziehen. Die Betrachtung der graphischen Darstellung giebt uns wertvolle Winke an die Hand, die wir bei Entwürfen lenkbarer Ballons wohl beachten müssen.

A. Einfluss der relativen Ballonnutzlast. (R_r)*).

Die relative Ballonnutzlast ist mit ·2, resp. mit ·1 kg angenommen. Es sind dies ca. 20, resp. 10 % der Gesamthubkraft des Ballontraggases.

Aus der Tafel I ist das Wachsen des Balloninhaltes bei gleichzeitigem Wachsen des Durchmessers zu ersehen. Der Kubikinhalt wächst bei gleichem Durchmesser annähernd proportional der Rumpflänge, bei Zunahme des Durchmessers dagegen im kubischen Verhältnisse. Daher wächst bei meiner Annahme von $R =$ ·2, resp. ·1 kg auch die Nutzlast in gleichem Maße; es ist daher bei großen Ballons aus diesem Reservoir viel mehr zu entnehmen als bei kleinen Ballons, worauf ich nur kurz hinweisen will.

Ferner soll, wie aus den vorstehenden Tabellen zu ersehen ist, darauf aufmerksam gemacht werden, dass man bei entsprechender Wahl des Durchmessers und der Rumpflänge ganz gewaltige Gewichte befördern kann. Jedenfalls Gewichte, die aviatische Flugmaschinen kaum jemals in dieser Dimension auf einmal zu transportieren in der Lage sein dürften, was ich als einen Vorzug des Ballons betrachte. Freilich ist der Ver-

*) Siehe Tabelle 8aα_1—8aβ_1 p. 112 bis p. 117 und Tafel I.

brauch an Füllmaterial dabei auch ein ganz bedeutender — weshalb die Kosten erheblich wachsen — aber endlich und schließlich bleibt uns kein anderes Mittel, als zum Ballon unsere Zuflucht zu nehmen, wollen wir größere Lasten durch die Luft transportieren.

Mit dem Fortschreiten der Ballontechnik wird die Diffusion des Gases immer mehr hintangehalten, also die Füllung immer mehr erhalten bleiben, daher werden obige Auslagen stets seltener zu leisten sein.[66])

Dort, wo die Kurve des relativen Ballongesamtgewichtes unter jene Abscisse, welche die Hubkraft des Traggases repräsentiert,[66a]) geht, ist die entsprechende Ordinate, welche sich aus der Differenz der Traggasordinate und der des relativen Gesamtgewichtes ergiebt, der relativen Nutzlastordinate zuzuschlagen. So z. B. trägt ein mit 12 m Geschwindigkeit fahrender Ballon von $e = 80$ m und 1 $N = 20$ kg bei $d_v = 25$ m nicht nur seine, obligate relative Ballonnutzlast von 0,1 kg, sondern noch (weil die Hubkraft von 1 cbm Wasserstoffgas mit 1,1 kg angenommen wird) etwa ·52 kg, das sind also zusammen ·62 kg der Hubkraft eines Kubikmeters Traggases für Nutzhebezwecke. Dieser Ballon würde sonach — wenn man noch 0,12 kg für erhöhtes Maschinengewicht einsetzt, also abzieht — etwa 24000 kg (das sind beiläufig 300 Männer) Nutzlast sicher tragen. Die Füllung würde bei dem Preis von einer halben Mark per 1 cbm ca. 24000 Mark kosten, daher würde sich der Transport von 1 kg auf eine Entfernung von beiläufig 150 km auf etwa 1 Mark belaufen.[67])

B. Einfluss des relativen Ballonhüllengewichtes. (H_r *).

H_r nimmt bei zunehmendem Durchmesser durchwegs, wenn auch nicht bedeutend, ab. Diese Abnahme ist am kleinsten bei geringer Rumpflänge (e) und wächst nach rein geometrischen Gesetzen bei Zunahme dieser Rumpflänge. Ebenfalls aus geometrischen Gründen, verbunden mit den auf Tabelle 2a gemachten Annahmen, ist die Thatsache zu erklären, dass H_r bei wachsender Rumpflänge an Größe zunimmt. Die Gleichung auf Seite 97 zeigt das Gesetz, nach dem dieses Wachstum vor sich geht.

Nicht uninteressant ist die Thatsache, dass bei zunehmendem Durchmesser die bei zunehmender Rumpflänge konstatierte Zunahme von H_r immer kleiner wird, so dass etwa bei $d = 35$ m für alle Rumpflängen ein fast gleich großes relatives Ballonhüllengewicht resultiert. Es hat den Anschein, als ob mit der Zunahme von d sich obiges Gesetz in sein Gegenteil umwandeln wollte. Ferner ersieht man aus der Tabelle 4a, dass bei $d = 30$ m, H_r bei $e = 40$ m ein Minimum wird.

Bei Zunahme der Geschwindigkeit (v) endlich ist ebenfalls ein konstantes Wachsen des relativen Ballonhüllengewichtes wahrzunehmen. Das sich hierin dokumentierende Gesetz lautet also:

---

*) Siehe Tabelle 4a p. 109 und Tafel III.

»Die Größe des relativen Ballonhüllengewichtes wird **innerhalb der in Betracht gezogenen Dimensionsverhältnisse** von $d = 10-30$ m ein **Minimum** bei größtem Durchmesser, kleinster Rumpflänge und kleinster Geschwindigkeit.« [68]

C. Einfluss des relativen Ballontraggerüstegewichtes. (Q_r)*).

Q_r nimmt bei Zunahme des Durchmessers nach der Gleichung einer quadratischen Parabel ab. Es wächst mit Zunahme der Ballonrumpflänge und einfach proportional, nach der Annahme auf Tabelle 3a mit der Geschwindigkeit.

Die Betrachtung der Tabelle 5a und der Tafel III (oberste Figurenreihe) ergiebt, dass beim Wachsen der Durchmesser die Werte von Q_r (bei $e = 40-80$ m) bei gleich großer Geschwindigkeit sich immer mehr einander nähern. So differiert Q_r für $d = 30$ m bei $v = 10$ m, bei $e = 40$ m und $e = 80$ m nur um 0,02 voneinander, während bei $d = 10$ m diese Differenz 0,16 ausmacht.

Auffallend ist die ganz besonders rasche Abnahme des relativen Ballontraggerüstegewichtes innerhalb der Durchmesser von 10—15 m, woraus geschlossen werden kann, dass, soweit Q_r in Betracht kommt, es ungleich vorteilhafter ist, größere Ballondurchmesser zu wählen als kleinere.

Während man z. B. bei $v = 15$ m und $e = 50$ m bei $d = 10$ m mit einem relativen Ballontraggerüstegewicht von 0,48 zu rechnen hat, genügt bei $d = 20$ m nur mehr $^1/_4$ desselben und bei $d = 30$ m $^1/_8$, trotzdem das Gesamtgewicht der Gondel, resp. des Ballontraggerüstes von 1750 kg auf 2250 resp. auf 2750 kg gestiegen ist.

Bedeutenden Schwankungen ist Q_r nur bei kleineren Durchmessern unterworfen, bei größeren Durchmessern ist dies nicht mehr der Fall; dann ist es aber auch so ziemlich gleich, ob $e = 40$, 50 oder 80 m angenommen wird.

Nun muss ich wohl darauf hinweisen, dass bei einem stärkeren Wachsen der absoluten Ballontraggerüstegewichte, als sie auf der Tabelle 3a vorgesehen sind, sich die Zahlenwerte etwas anders stellen werden. Im großen Ganzen jedoch bleibt das Gesetz aufrecht:

»Das relative Ballontraggerüstegewicht nimmt sehr rasch mit dem Größerwerden des Durchmessers ab und nimmt bei zunehmender Geschwindigkeit und zunehmender Rumpflänge zu.[69] Diese Zunahme bewegt sich bei kleinen Durchmessern innerhalb größerer Grenzen und verschwindet fast bei größeren Durchmessern.«

---

*) Siehe Tabelle 5a p. 109 und Tafel III oberste Figurenreihe.

D. Einfluss des relativen Ballonmotorengewichtes. (N_r)*).

N_r nimmt bei gleichem Durchmesser, weil die Widerstandsfläche gleich bleibt und sich daher das gleiche Motorengewicht auf eine größere Anzahl Volumteile verteilt, mit der Zunahme der Rumpflänge des Ballons ab. Diese Abnahme wächst bedeutend mit der Zunahme der Geschwindigkeit.

Je kleiner bei gleichem Durchmesser das Volumen des Ballons ist, — also je kleiner der Rumpf (e) des Ballons ist, — desto mehr relatives Ballonmotorengewicht ist zu seiner Fortbewegung erforderlich.

Während die Differenz bei $d = 10$ m und $v = 10$ m $(N_r{}^{10}_{40} - N_r{}^{10}_{60})$ $= 0{,}1$ kg ist, beträgt sie bei $v = 15$ m 0,32 kg, bei $d = 30$ sind diese Werte 0,047 resp. 0,2 kg. Daraus resultiert das folgende Gesetz:

»Bei zunehmendem Durchmesser und bei gleichbleibender Rumpflänge und Geschwindigkeit nimmt N_r langsam ab.«

Die Abnahme ist bei großen Geschwindigkeiten größer als bei kleinen. Sie rechnet sich aus der Formel $x = N^d_{ev} - N^d_{ev} = k\left(\frac{i_v F}{V^d_e} - \frac{i_v F_d}{V^d_e}\right)$, wobei i die durchschnittliche ideelle mittlere Ballonlänge darstellt. Die Formel ist aus der Gleichung $X = \frac{Nk}{V}$ entstanden.

Bei $v = 10$ m und $e = 40$ m ist $(N^{10}_{10} - N^{30}_{10}) = 0{,}06$ kg. Bei derselben Geschwindigkeit ist bei $e = 80$ m diese Differenz 0,015. Bei $v = 15$ m beträgt $(N^{10}_{15} - N^{30}_{15}) = 0{,}222$ resp. 0,093 kg.[69a]) Daraus folgt:

Bei zunehmender Geschwindigkeit und gleichbleibendem Durchmesser und Rumpflänge wächst N_r parabolisch nach der Gleichung $X = Cv^3$, wobei C eine aus der Formel $X = \frac{\gamma \cdot Fk}{75\, g \cdot V} \cdot v^3$ leicht zu errechnende Konstante ist.

Aus der Betrachtung des Graphikons erhellt ferner der sehr wichtige Satz: **»Je kleiner der Durchmesser des Ballons ist, desto mehr relatives Ballonmotorengewicht ist bei einer bestimmten Geschwindigkeit zur Fortbewegung des Ballons erforderlich.«**

Dieses Gesetz lässt sich auch so in Worten ausdrücken:

»Ein **Minimum** an relativen Ballonpferdestärken bei einer gegebenen Geschwindigkeit ist dann zur Fortbewegung des Ballons erforderlich, wenn der Durchmesser und die Rumpflänge des Ballons ein Maximum werden.«

Bei $e = 40$ m macht sich der Einfluss des Ballondurchmessers mehr fühlbar als bei größeren Rumpflängen, hier absorbiert auch schon das Ballonmotorengewicht 20 (bei $v = 10$ m) bis 70 % (bei $d = 10$ m und bei $v = 15$ m) der Gesamttragkraft. Je größer die Eigengeschwindigkeit

*) Siehe die Tabellen 6aα und 6aβ p. 110 und Tafel III.



des Ballons wird, desto mehr prozentuellen Anteil nimmt das Ballonmotorengewicht in Anpruch, so dass, wie aus den Graphikons (bei $e = 40$) leicht ersehen werden kann, eine Geschwindigkeit existiert, bei der das mitzuführende Motorengewicht so groß wird, dass es nebst dem relativen Ballongewicht, dem relativen Ballonnutzlastgewicht und dem relativen Ballontraggerüstegwicht nicht mehr vom Ballon getragen werden kann. Dieser Fall tritt bei $d = 10$ m und bei $e = 40$ m (je nach dem Motoreinheitsgewicht) schon bei einer Geschwindigkeit von 11 m ein; je leichter 1 N angenommen wird, desto später natürlich. Es ist uns damit eine Handhabe gegeben, schon im voraus die Maximalgeschwindigkeit zu bestimmen, die ein Luftschiff bei gegebenem Gewichte einer Ballonpferdestärke überhaupt erreichen kann.

Verlängern wir nun den Rumpf des typischen Ballons successive bis auf $e = 80$ m, so bemerken wir, dass bei 1 $N = 30$ **kg** das durchschnittliche relative Ballonmotorengewicht jetzt viel weniger Prozente des relativen Gesamtgewichtes ausmacht, dass man also bei Durchmessern von $d = 25$ m noch etwa mit 17 m Geschwindigkeit, und bei 1 $N = 20$ kg oder gar 15 kg selbst Geschwindigkeiten von mehr als 20 m per Sekunde erhoffen könnte.[69b])

Weiter sagen uns aber diese graphischen Darstellungen noch folgendes:

Bei **geringen** Eigengeschwindigkeiten, etwa bis zu 10 m, ist es ziemlich einerlei, ob 1 $N = 20$ oder 30 kg oder selbst 40 kg wiegt. Bei den mittleren Eigengeschwindigkeiten spielt das Gewicht des Einheitseffektes schon eine größere, bei großen Geschwindigkeiten, als welche ich solche von 15 Meter aufwärts bezeichne, dagegen eine entscheidende Rolle.

Diese Rolle nimmt noch an Bedeutung mit dem Kleinerwerden des Ballonrumpfes zu!

Betrachten wir endlich das relative Ballonmotorengewicht im Verhältnisse zu den anderen relativen Ballongewichten, besonders zu den relativen Ballonhüllengewichten, so lehrt uns die Betrachtung des Graphikons, dass bei gleich großem Werte des Ballonrumpfes das Verhältnis $\frac{H_r}{N_r}$ um so mehr abnimmt, je größer die Geschwindigkeit des Ballons wird. Es wird bei gleicher Geschwindigkeit konstanter mit Zunahme des Ballondurchmessers. $\frac{H_r}{N_r}$ wächst, d. h. wird größer bei Zunahme der Ballonrumpflänge. Bei gleichgroßem v überwiegt das relative Ballonhüllengewicht gegen das relative Ballonmotorengewicht um so mehr, je größer e wird. Bei gleichgroßem e überwiegt endlich das relative Ballonhüllengewicht um so mehr, je kleiner v ist, d. h.:

»Bei großen Geschwindigkeiten dominiert das relative Ballonmotorengewicht, bei kleinen v dagegen das relative Ballonhüllen- und Ballontraggerüstegewicht.«[70])

E. Einfluss der Rumpflänge (e)*) auf R_r, H_r, Q_r und N_r.

Je länger der Rumpf des Ballons bei gleichem Durchmesser ist, desto mehr Tragkraft besitzt er. Die Tragkraft wächst um so mehr, je größer der Ballondurchmesser ist, was die linke Figur der Tafel I sehr deutlich versinnbildlicht.

Das relative Ballon**hüllen**gewicht nimmt mit zunehmender Rumpflänge stetig aber nicht sehr bedeutend zu (s. Tafel IV, untere Figurenreihe); dies ist in erhöhtem Maße bei kleinen Ballondurchmessern der Fall und nimmt immer mehr ab mit dem Wachsen der letzteren, so dass es z. B. bei $d = 30$ m und mehr sehr wenig differiert, ob nun der Ballonrumpf 40 oder 60 m beträgt.

Das relative Ballon**traggerüste**gewicht zeigt ein ähnliches Verhalten; nur ist die Zunahme entsprechend größer.

Dies gilt innerhalb der hier in Rede stehenden Rumpflängen ($e = 30$ bis 90 m) hauptsächlich für kleine Durchmesser. Je größer der Durchmesser des Ballons wird, desto weniger beträgt die Zunahme von H_r und von Q_r.

Bei großen Durchmessern zeigen die Kurven auf Tafel IV, dass das relative Ballonhüllengewicht (immer die Annahmen auf Tabelle 2a zu Grunde gelegt) im allgemeinen zwischen $e = 50$ m und 60 m ein Minimum wird; es scheint sich mit dem Wachsen der Ballongeschwindigkeit etwas gegen die kleineren Rumpflängen hin zu vermindern. Es empfiehlt sich also, bei der Wahl von e bei kleinen Durchmessern nicht große Rumpflängen anzuwenden. Bei der Wahl von großen Durchmessern kann $e = 40$—70 m ohne sonst merkliche Einflussnahme der relativen Gewichtsvermehrung genommen werden.

Das relative Ballontraggerüstegewicht wächst, wenn man die Rumpflänge als Abscissenachse annimmt, was auf Tafel V geschehen ist, nach der Gleichung einer geraden Linie. Auffallend ist, dass trotz der aus der Tabelle 3a zu ersehenden Zunahme des absoluten Traggerüstegewichtes bei der Zunahme des Durchmessers das relative Ballongerüstegewicht rapid fällt. [71])

Es empfiehlt sich somit (s. Tafel III) bei der Wahl der Größe des Ballonrumpfes bei kleinen Durchmessern eine kleine Rumpflänge zu wählen. Je größer der Durchmesser wird, desto weniger groß ist die Differenz der Q_r bei verschiedenen e. Es scheint, daß bei größeren Durchmessern als $d = 30$ m die Differenz ganz verschwindet und es wohl auch Durchmesser geben wird, wo sich das Gesetz umkehrt, also wo kleinen Q_r große Rumpflängen und großen Q_r kleine Rumpflängen entsprechen. [72])

Hier möchte ich nochmals betonen, dass bei einer anderen als der von mir gewählten Zunahme der absoluten Ballontraggerüstegewichte

*) Siehe dazu Tafel III und IV.



das Abnehmen der relativen Ballontraggerüstegewichte nicht so schnell, aber stets in ähnlicher Weise vor sich gehen wird.

Das relative Ballon**motoren**gewicht ist in Bezug auf variable Rumpflänge einer ähnlichen gesetzmäßigen Abnahme unterworfen, wie das relative Ballonhüllengewicht, nur in umgekehrtem Sinne und in viel stärkerem Maße, wie die Figuren auf Tafel III und auf Tafel IV zeigen.

Die Kurven nähern sich einem Minimum bei zunehmender Rumpflänge. Auch ist der Unterschied der einzelnen, gleichen, kleinen Rumpflängen entsprechenden Ordinaten viel größer als die bei großen e. Desgleichen ist der Unterschied der relativen Ballonmotorengewichte bei gleichen Rumpflängen bei großen Geschwindigkeiten viel beträchtlicher als bei kleinen Geschwindigkeiten.

Dies lehrt, das scheinbar paradox klingende Gesetz, dass es bei kleinen Geschwindigkeiten mit Bezug auf das relative Ballon**motoren**gewicht bei großen Rumpflängen für die Möglichkeit des Baues von Ballons so ziemlich einerlei ist, ob der Durchmesser gleich 10 oder 30 m angenommen wird.

Im allgemeinen kann man mit Rücksicht auf die in Frage stehenden Verhältnisse der Rumpflänge und des Motorengewichtes sagen: Je größer die zu erreichende Geschwindigkeit sein soll, desto größer soll der Durchmesser des Ballons und dessen Rumpflänge gewählt werden.[73]

F. Einfluss des relativen Ballongesamtgewichtes. (G_r)*).

Wie man leicht bemerken wird und wie aus dem konträren Lauf (Tafel IV) der Kurven von H_r, Q_r, N_r und R_r ersehen werden kann, sind die Bedingungen,. welche zu einem absoluten Minimum führen, ganz entgegengesetzter Natur. Bei der Wahl einer bestimmten Ballontype ist aber nicht das Minimum einer dieser relativen Ballongewichte entscheidend, sondern das aus der Summierung aller vier resultierende. Es heißt daher auch hier Kompromisse schließen.

Das relative Ballongesamtgewicht wird, wie aus Tafel III und IV ersehen werden kann, bei $d = 10$ m und bei $v = 10$ m bei $e = 30$ m ein Minimum. Bei gleichbleibendem Durchmesser und bei zunehmender Geschwindigkeit wandert dieses Minimum höheren Rumpflängen entgegen. Die G_r^{10}-Kurve dreht sich also in ganz auffälliger Weise. Bei $v = 16$ m wird G_r^{10} bei $e = 75$ m ein Minimum. Ähnliches bemerkt man bei $d = 15$, 20, 25 und 30 m. Bei $v = 10$ m ist G_r^{30} bei $e = 55$ m, bei $v = 16$ m G_r^{30} bei $e \doteq 100$ m ein Minimum**).

*) Siehe auf Tafel III die beiden untersten Figurenreihen und Tafel IV, sowie die Tabellen $8a\alpha_1$—$8a\beta_3$ p. 112 bis p. 117.

**) Siehe untere Figurenreihe auf Tafel IV.

Ferner bemerken wir bei der gleichen Geschwindigkeit, dass das Minimum des relativen Ballongesamtgewichtes mit dem Durchmesser von kleinen Rumpflängen zu großen Rumpflängen wandert. Bei $v = 10$ m ist G_r^{10} etwa ein Minimum bei $e = 30$ m, bei $d = 15$ m bei $e = 50$ m, bei $d = 20$ m bei $e = 60$ m. Es wandert von da an, nur mehr viel langsamer, den großen e entgegen. Ähnliches lässt sich bei jeder Geschwindigkeit verfolgen.

Weniger auffallend, aber ganz ebenso beschaffen sind die Wanderungen der relativen Ballongesamtgewichte unter der Annahme, dass $1 N_r$ 0,20 kg wiege und $R_r = \cdot 1$ sei. Auch hier weisen uns die betreffenden Figuren bei der Wahl auszuführender Ballons, je nach der verlangten Geschwindigkeit, auf die Annahme verschiedener Ballondurchmesser und Rumpflängen hin.

Immer aber bleibt der Satz aufrecht:

»Je größer der gewählte Ballondurchmesser, desto kleiner das relative Ballongesamtgewicht, desto eher Aussicht auf konstruktive Durchführung — innerhalb gewisser Grenzen natürlich — besitzt der Ballon.«

Unter allen Kurven besonders interessant sind die Kurven von G_{30} bei $1 N = 20$, welche uns sagen, dass es bei $v = 11$ m fast einerlei ist, ob man dem Ballon 30 oder 90 m Rumpflänge giebt (immer mit Bezug auf die konstruktive Ausführung bezogen).

Betrachten wir auf Tafel III die relativen Ballongesamtgewichte noch weiter, so ergiebt sich allgemein bei zunehmender Geschwindigkeit ein konstantes Steigen derselben. Die Schnittpunkte der $e = 40$- und $e = 80$-Kurve für G_r liegen:

bei $v = 10$ m	bei $d = 24$ m
» » $= 11$ »	» » $= 17$ »
» » $= 12$ »	» » $= 13{,}5$ »
» » $= 13$ »	» » $= 11{,}2$ »
» » $= 14$ »	» » $= 9{,}5$ »

d. h. bei diesen Durchmessern ist es ganz einerlei, ob man $e = 40$ oder $e = 80$ m annimmt, man kann den Ballon mit dem gleichen relativen Ballongesamtgewicht ausführen. Bei Annahme von $e = 80$ m ist das Volumen natürlich ein viel größeres, also die mitzunehmende Nutzlast, aber auch die Füllungs-, Herstellungs- und Betriebskosten etc. höher.

Je größer die Geschwindigkeit des Ballons ist, desto größer sind die Unterschiede von G_r bei verschiedenen e. Man betrachte die Figur auf Tafel IV diesbezüglich aufmerksam.

Allgemein muß das starke Abfallen von G_r bei Zunahme der Durchmesser auffallen. Dieses Kleinerwerden ist rapid bei Durchmessern von $d = 10$ bis 15 m dann viel weniger stark, von $d = 20$ m an im allgemeinen schon sehr mäßig. Ich lasse die Frage dahingestellt, wie es sich bei sehr großen Durchmessern verhält; ihre Beantwortung hätte vorläufig nur theoretisches Interesse.[71])

Nehmen wir nun an, dass der Ballon mit Wasserstoffgas gefüllt werde, welches pro 1 cbm 1,1 kg Hubkraft besitze und fragen wir uns: welcher Art muß ein Ballon bei $1 N = 30$ kg und $R = 0{,}2$ kg sein, damit er mit x m Geschwindigkeit sich fortbewegen könne? Offenbar werden alle jene Ballons, deren relative Ballongesamtgewichte kleiner als 1,1 kg sind, dieser Bedingung entsprechen. Bei $v = 10$ m sind dies alle Ballons von $d = 10$ m an bei $e = 30$ bis 80 m. Für $d = 15$ m ist es möglich — immer die betreffenden Annahmen vorausgesetzt — Ballons zu bauen, die sich mit 13 m in der Sekunde fortbewegen. Damit sich ein Ballon mit 15 m fortbewegen kann, müsste er mindestens $e = 50$ m bei $d = 20$ m besitzen. Bei $1 N = 20$ und $R = 0{,}1$ stellt sich die Sache natürlich bedeutend günstiger, doch das halte ich vorerst noch für verfrüht, was ich, um ja nicht mißverstanden zu werden, hier ausdrücklich hervorheben will.

Trotzdem finde ich diese Studie für sehr angebracht, denn dass wir $1 N = 20$ und selbst $= 10$ kg — falls uns die Natur einige Jahre schenkt — noch erleben werden, halte ich für sicher.[75])

G. Schlüsse aus den graphischen Darstellungen.

Überblicken wir die Graphikons noch einmal, so sagen sie uns ganz allgemein: Bei **kleinen** Geschwindigkeiten ist es möglich kleine Ballons, etwa von $d = 8$ m an, lenkbar zu machen. Man wähle hierzu auch eine kleine Rumpflänge und das relative Ballonnutzgewicht etwa 0,05 bis 0,1 kg.

Bei steigenden Geschwindigkeiten nehmen wir die Durchmesser stetig größer an, auch kann das relative Ballonnutzgewicht 0,15 kg gewählt werden.

Bei Geschwindigkeiten von 12 bis 13 m an wähle man größere Durchmessser. Je größer die Geschwindigkeit werden soll, desto größer muss die Rumpflänge des Ballons sein. Es wird eine Grenze geben, wo man $R_r = 0{,}3$ kg machen kann, dann aber wird das relative Ballonnutzgewicht wieder kleiner werden müssen, es macht dem Ballonmotorengewicht Platz. Bei einer Geschwindigkeit, welche je nach dem Einheitsgewichte des Motors variiert und die bei $1 N = 30$ kg etwa $v = 15$ m beträgt, wird das Maximum der diesfalls möglichen Eigengeschwindigkeit des lenkbaren Ballons erreicht werden.

Die Tabellen sagen uns aber auch recht deutlich, dass es vergeblich ist, mit kleinen Ballons das Problem der Lenkbarmachung lösen zu wollen.[76]) Allerdings, wenn es im Laufe der Zeiten gelingen wird, die Einheit des Ballonhüllengewichtes, des Ballonpferdegewichtes und des Ballontraggerüstegewichtes entsprechend noch leichter zu machen, als es heute möglich ist, wird die Grenze sich entsprechend verschieben. Aber stets wird der Satz unangefochten zu Recht bestehen:

»**Je gröfser** — innerhalb bestimmter Grenzen — **der lenkbare Ballon ist, desto schneller wird er fliegen können, desto gröfsere Lasten kann**

er tragen, desto mehr Aussicht auf die Möglichkeit seiner konstruktiven Durchbildung besitzt er.«

Natürlich wird es aber auch hier wieder eine Grenze geben, wo wegen der unverhältnismäßigen Zunahme des Einheitsgewichtes der Ballonhüllen und des Traggerüstes der obige Satz nicht mehr gilt. Diese Grenze zu fixieren ist heute noch nicht an der Zeit.

Diese Resultate ermutigen uns aber, das Thema der lenkbaren Ballons weiteren Studien zu unterwerfen. Als deren Früchte wird in hoffentlich nicht mehr ferner Zeit der erste brauchbare lenkbare Ballon seinen Weg durch die Lüfte nehmen. Dazu ist aber Geld nötig, und zwar **viel Geld.** Deshalb läuft die Frage nach der Realisierung des lenkbaren Ballons in eine andere aus, in die, nach der Beschaffung reichlicher finanzieller Hilfsmittel.

In den vorstehenden Zeilen habe ich es absichtlich unterlassen, ein bestimmtes Projekt zu bugsieren, obwohl ich eine Serie derselben auf dem Reißbrette entwerfen musste, um diese Studie überhaupt durchführen zu können.[77])

Es handelte sich mir darum, nachzuweisen, dass es sich überhaupt der Mühe lohnt, auf diesem Gebiete etwas zu arbeiten. Wie der lenkbare Luftballon beschaffen sein soll, ist eine andere Frage. Die Grundprinzipien, nach denen er aufgebaut werden soll — und warum die bisherigen Ballons ihren Zweck nicht erfüllen konnten — davon handelt das Kapitel VII.

Fünftes Kapitel.

Berechnung von »150 Ballons«. — Berechnung der Ballonpferdestärken bei »150 Ballons«. — Erläuterung der Tabellen 1b—9b und der Tafeln II, IV und VI (obere Figurenreihe). — Tabellen 1b—9b. — Kurze Besprechung der Resultate.

Berechnung von »150 Ballons«.

Die interessanten Ergebnisse meiner durchgeführten Berechnungen ließen mich erst zur Ruhe kommen, als ich sie nochmals auf ihre Richtigkeit geprüft hatte.

Jede Rechnung giebt bekanntlich die gewünschten Resultate, wenn man es nur versteht, die Voraussetzungen entsprechend zu wählen. Mir war es aber nicht darum zu thun, auf vorgefasste Meinungen und vagen Annahmen basierte Resultate zu erhalten; ich wollte absolute Sicherheit erlangen, ob der von mir eingeschlagene Weg auch der richtige sei, deshalb fragte ich erst mehrere hervorragende Fachmänner, um ihr Urteil, und erst als ich von ihnen den Bescheid erhielt, dass ich mich auf der richtigen Fährte befinde, verfolgte ich mein Ziel weiter.[78])

Ich berechnete in der Folge — der Ballonhülle eine etwas veränderte Form zu Grunde legend — »150 weitere Ballons« von $d_v = 10$ bis $d_v = 50$ m Durchmesser und von $e = 30$ bis $e = 80$ m Länge.

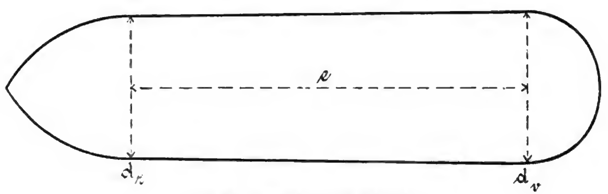


Fig. 51. Type von »150 Ballons«.

Die Ballons bekamen rückwärts einen sphäroidalen, vorn einen kugelförmigen Abschluss (Fig. 51).

Die Annahmen für die Berechnung von H_r, N_r, Q_r und G_r differieren etwas von den Annahmen, welche der Berechnung der 125-Ballonserie zu Grunde gelegt wurden. Die Tabellen 2b und 3b geben über diese Werte

die entsprechende Auskunft. Man ersieht daraus, dass die angenommenen Einheitsgewichte eines Quadratmeters Ballonstoff incl. Netz etc. für $c = 30$ und 40 (resp. 50 und 60, resp. 70 und 80 m) unter sich gleich, aber im allgemeinen etwas höher als bei der Serie von »125 Ballons« angesetzt wurden.

In der graphischen Aufzeichnung der relativen Ballonhüllengewichte kommt dies des kleinen Maßstabes wegen nicht zur Darstellung.

Sehr bedeutend variieren aber die Annahmen der Einheitsgewichte eines Längenmeters der Ballontraggerüste-Konstruktion, weil ich einerseits auf eine besonders große Festigkeit derselben Gewicht lege, andererseits erhöhte zu tragende Motorenlasten voraussetze.

Ich hatte absichtlich die Tendenz, alles schwerer zu konstruieren, trotzdem mir eine anerkannte Autorität versicherte, dass schon meine ersten Annahmen an Sicherheit nichts zu wünschen übrig lassen.

Dass ich in weiterer Folge selbst Ballons von $d = 40$ und 50 m Durchmesser in den Kalkül meiner Rechnung zog, wird man mir nicht verübeln dürfen. Mein Bestreben war, nachdem ich bei der »125 Ballon«-Serie schon einen ganz hübschen Einblick in die hier herrschenden Verhältnisse gewonnen hatte, noch eine universellere Übersicht zu erlangen.

Ich behaupte ja nicht, dass man an den Bau von 40 bis 50 m Durchmesser haltenden Ballons heute schreiten wird; diese müssten unter Umständen vielleicht auch länger als 80 m werden; aber es gilt, den Blick zu erweitern, und das kann nur auf diese Weise geschehen.[79])

Weiter wird man aus der Tabelle 1b ersehen, dass ich gegen die Tabelle 1a die Zahl der erforderlichen Pferdestärken erheblich größer angenommen habe, aus Gründen, die im folgenden Abschnitte erläutert werden.[79a])

R_r wurde mit 0,1 resp. 0,2 kg in Rechnung gesetzt. Das Gewicht einer Pferdestärke wurde einmal mit $1 N = 30$, dann mit 20 und später sogar mit 10 kg angenommen und die betreffenden Rechnungen für alle drei Annahmen auch durchgeführt. Ich weiß sehr wohl, dass bei $1 N = 10$ noch etwas Zukunftsmusik betrieben wird, ich wollte aber auch hier meinen Blick erweitern. Es wird nicht lange dauern, und wir werden $1 N = 10$ kg und in nicht gar zu ferner Zeit auch $1 N = 5$ kg in Wirklichkeit besitzen.[80])

Die Ergebnisse meiner Rechnungen befriedigten mich vollauf. Sie bestätigten durchaus jene prinzipiellen Resultate, welche ich bei der ersten Rechnungsserie erhalten habe. Es ist selbstverständlich, dass den höheren Annahmen entsprechend auch die Endresultate größere Werte ergeben haben. Jene Konstrukteure, welche diese Tabellen für ihre Ausführungen benützen wollen, werden in ihr genug Anhaltspunkte finden, um Irrwege zu vermeiden. Um mich nicht zu wiederholen, gehe ich nicht weiter auf sie ein und verweise auf die Tabellen selbst.[81]) Nur über die Berechnung der Ballonpferdestärken, welche gegen die der »125 Ballons« etwas differiert, will ich mich näher auslassen.

Die Ballonpferdestärken.

Anschließend an die im Jahre 1900 in den Illustrierten aëronautischen Mittheilungen p. 43 über das Gewicht einer Pferdestärke von mir gemachten Ausführungen, sei hier die Frage behandelt, wie viel Effekt zur Vorwärtsbewegung eines lenkbaren Ballons erforderlich ist.

Nach dem Loessl'schen Luftwiderstandsgesetz rechnet sich die zur Überwindung des Luftwiderstandes nötige Arbeit nach der Formel:[81a])

$$A = \xi \frac{\gamma}{g} F v^3 .$$

Nachdem $1 N = \frac{A}{75}$ ist, giebt nachstehende Gleichung die Zahl der zur Vorwärtsbewegung erforderlichen Pferdestärken an:

$$N = \frac{1}{75} \xi \frac{\gamma}{g} F v^3 .$$

Hierin bedeutet ξ den Ballonreduktionskoefficienten, F die größte Querschnittsfläche des Ballons in der Fahrtrichtung und v die sekundliche Geschwindigkeit. $\frac{\gamma}{g}$ schwankt zwischen den Grenzen $\frac{1}{8}$ bis $\frac{1}{9}$ und selbst noch weiter. Man sehe darüber die Tabellen in Loessl's »Luftwiderstandsgesetze« p. 76 nach, woraus zu entnehmen ist, dass $\frac{\gamma}{g}$ bei einer Seehöhe von 130 m und $-5°$ gleich 0,1325, bei $+20° = 0,1212$ ist. Bei einer Seehöhe von 854 m ist $\frac{\gamma}{g} = 0,1211$ bei $-5°$, bei $+15°$ dagegen 0,1127 etc.

Bezeichnet man mit A die Arbeit des Luftwiderstandes eines zugespitzten Körpers und mit A_1 die Arbeit des Luftwiderstandes eines Körpers von der **gleich großen, aber einer ebenen** Querschnittsfläche, so nennt man das Verhältnis $\frac{A}{A_1} = \frac{1}{\xi}$ den **Reduktionskoefficienten**:

$$\frac{A}{A_1} = \frac{\frac{\gamma}{g} F v^3}{\frac{\gamma}{g} \xi F v^3} = \frac{1}{\xi} .$$

Der **Reduktionskoefficient** ist also das Verhältnis zwischen dem Widerstande, den ein zugespitzter Körper in einer Flüssigkeit erleidet, in der er sich bewegt, zu jenem, den er bei derselben Geschwindigkeit in derselben Flüssigkeit finden würde, wenn sein mittlerer Querschnitt zwar derselbe, aber eine ebene Fläche wäre, also der Körper weder vorne noch hinten eine Zuspitzung oder Abrundung besitzen würde.

Bei einer Kugel ist $\xi = \frac{1}{3}$; bei Schiffen $\frac{1}{20}$ bis $\frac{1}{30}$, bei **Renard's** Ballon $\frac{1}{6} = 0,175$; bei einer Taube giebt von **Loessl** bei 16° Zuspitzungswinkel

$\xi = \frac{1}{7{,}25}$: bei einem Raben, Penaud im Januarheft des »l'Aéronaute« in der hübschen Abhandlung »Lois du glissement dans l'air« $\xi = \frac{1}{7}$. Nach Dirichlet's Forschungen müsste der Reduktionskoefficient bei einem vollkommenen Rotationskörper äußerst klein sein. (Siehe darüber auch Popper's Flugtechnik p. 12.) Für gut gebaute Ballons kann man also ξ mit $\frac{1}{6}$, für mit einem vollkommen steifen Ballonvorderteil ausgestatteten Aërostaten mit $\frac{1}{7}$ bis $\frac{1}{8}$ annehmen. Weiter herunter zu gehen, würde ich heute noch nicht für ratsam halten, will man sich nicht unliebsamen Enttäuschungen aussetzen. Ich nehme den Wert von $\xi \cdot \frac{\gamma}{g}$ rund mit $\frac{1}{50}$ an, womit man sich keinen Illusionen hingiebt, also der Wirklichkeit ziemlich nahe kommen dürfte. Wie oben erläutert, ist $\frac{\gamma}{g}$ kein fixer Wert, sondern mit der Zunahme der Steighöhe ein abnehmender, und mit der Abnahme der Temperatur ein zunehmender Wert.

Nachdem mit der Zunahme der Steighöhe aber die Temperatur gleichzeitig abnimmt, und zwar auf je 100 m (theoretisch) um 1° C., so lehrt uns die oben angezogene Tabelle, dass im allgemeinen mit der Zunahme der Steighöhe der Wert von $\frac{\gamma}{g}$ kleiner wird, man also in größeren Höhen weniger Effekt zur Vorwärtsbewegung des Ballons benötigt, resp. bei gleich großem Effekt schneller fahren kann.[82] Allerdings wird dann auch die Tragfähigkeit des Ballons kleiner.

$F = \frac{\pi d^2}{4}$ hängt lediglich von der Größe des Ballondurchmessers ab Die Formel schreibt sich daher nach Einsetzung der oben angeführten positiven Werte und mit Berücksichtigung des Wirkungsgrades η der Maschine:

$$N = \eta \frac{1}{75} \frac{\gamma}{g} \xi F v^3$$
$$= \eta \frac{1}{75} \cdot \frac{1}{50} \cdot \frac{\pi}{4} d^2 v^3$$
$$= \frac{\pi}{15000} \eta d^2 v^3$$
$$= 0{,}00020944\, \eta\, d^2 v^3.$$

Bei Verwendung von Schrauben kann man nach dem heutigen Stande der Technik η mit etwa 50% annehmen, d. h. nur etwa 50% der von der Maschine effektiv gelieferten Arbeit sind durch die Schrauben nutzbringend verwertet; der Rest geht an die Luft verloren. Jetzt schreibt sich unsere Schlussformel, wenn man $\eta = 2{,}0$ annimmt:

$$N = 0{,}00041888\, d^2 v^3 = C_2 d^2.$$

Nimmt man $\eta = 1{,}5$, so folgt:

$$N = 0{,}00031416\, d^2 v^3 = C_{1,5}\, d^2.$$

Setzt man für v die Werte von 10 bis 17 m ein, so ergiebt nachstehende Tabelle die Größen von $C_{2,0}$ resp. von $C_{1,5}$.[82a])

$v =$	10	11	12	13	14	15	16	17
$C_{2,0} =$	0,4188	0,5571	0,7195	0,9199	1,149	1,4025	1.7153	2,0567
$C_{1,5} =$	0,31416	0,41814	0,54286	0,69020	0,86205	1,0603	1,28679	1,54346

Aus den schon oben angeführten, hier übersichtlich zusammengestellten Grundformeln

$$R = \frac{\gamma}{g} \xi F v^2 \;\dot{=}\; \frac{1}{50} \frac{\pi d^2}{4} \cdot v^2 \;\dot{=}\; \frac{\pi}{200} d^2 v^2$$

$$A = \frac{\gamma}{g} \xi F v^3 \;\dot{=}\; \frac{\pi}{200} d^2 v^3$$

$$N_i = \frac{1}{75} \frac{\gamma}{g} \xi F v^3 \;\dot{=}\; \frac{\pi}{15000} d^2 v^3$$

$$N_e = \frac{\eta}{75} \frac{\gamma}{g} \xi F v^3$$

$$= \frac{\eta}{75} \frac{\gamma}{g} \xi \frac{\pi d^2}{4} v^3$$

$$= C d^2 v^3$$

lassen sich nun alle Verhältnisse zwischen N, d und v leicht rechnerisch feststellen.

Es ist:

$$N_e = C d^2 v^3$$

$$d = \sqrt{\frac{N_e}{C v^3}}$$

$$v = \sqrt[3]{\frac{N_e}{C d^2}}.$$

Der Wert der Koefficienten η und ξ ist experimentell, der Wert von $\frac{\gamma}{g}$ jeweilig instrumentell zu ermitteln.[83])

Es frägt sich nun um die Größe des Reduktionskoefficienten. In der Formel:

$$N = \eta \cdot \frac{1}{75} \cdot \xi \frac{\gamma}{g} F v^3 \text{ resp.}$$

$$= \eta \cdot \frac{1}{75} \cdot \xi \frac{1}{8} \frac{\pi d^2}{4} v^3$$

ist $\eta \cdot \frac{1}{75} \cdot \frac{1}{8} \cdot \frac{\pi}{4} = C$ zu setzen.

Die Formel lautet dann: $N = \xi C d^2 v^3$.

Der Reduktionskoefficient ist demnach aus der Formel:

$$\xi = \frac{N}{C_1 d^2 v^3}$$

zu rechnen.[84])

Erläuterung der Tabellen 1b—9b von »150 Ballons«.

Die **Tabelle 1b** enthält, nach wachsenden Durchmessern geordnet, eine Zusammenstellung der größten Querschnittsflächen, Oberflächen und Volumina und der zur Vorwärtsbewegung mit $v = 10$ bis 17 m Geschwindigkeit erforderlichen Pferdestärken.

Die **Tafel II** enthält die graphische Darstellung nach Tabelle 1b und zwar die Oberflächen und die Volumen der Ballons bei $e = 30$ bis $e = 80$ m Rumpflänge, bei $d = 10$ bis $d = 50$ m Durchmesser, ferner die auf einen Kubikmeter Balloninhalt entfallende Anzahl Quadratmeter Ballonoberfläche.

Die **Tabelle 2b** enthält die angenommenen Werte der Einheitsgewichte eines Quadratmeters Ballonhülle. Diese Ansätze differieren nicht besonders viel von den Annahmen auf Tabelle 2a.

Für die Rumpflängen von 30 und 40 m, für solche von 50 und 60 m und für solche von 70 und 80 m sind gleiche Größen angenommen. Die Gewichte nehmen bei größeren Durchmessern nach der Gleichung einer gegen die Horizontale aufsteigenden Geraden zu.

Die **Tabelle 3b** enthält die angenommenen Werte des Einheitsgewichtes eines Längenmeters der Ballontraggerüstekonstruktion. Diese Gewichte nehmen bei größeren Durchmessern des Ballons progressiv zu, was seinen Grund in Konstruktionsanordnungen hat.

Die **Tabelle 4b** enthält das relative Ballonhüllengewicht unter der Annahme auf Tabelle 2b.

Die **Tabelle 5b** enthält das relative Ballontraggerüstegewicht unter der Annahme auf Tabelle 3b.

Die **Tabelle 6bα** enthält das relative Ballonmotorengewicht bei $1 N = 30$ kg bei wachsenden Geschwindigkeiten von 10 bis 16 Meter.

Die **Tabelle 6bβ** enthält das relative Ballonmotorengewicht bei $1 N = 20$ kg.

Die **Tabelle 6bγ** enthält das relative Ballonmotorengewicht bei $1 N = 10$ kg, gleichfalls bei wachsenden Geschwindigkeiten von 10 bis 16 m pro Sekunde.

Die **Tabelle 7bα** enthält das relative Ballongesamtgewicht bei $1 N = 30$ kg und $R = 0{,}1$ kg.

Die **Tabelle 7bβ** enthält das relative Ballongesamtgewicht bei $1 N = 20$ kg und $R = 0{,}1$ kg.

Die **Tabelle 7bγ** enthält das relative Ballongesamtgewicht bei $1 N = 10$ kg und $R = 0{,}1$ kg.

Hierbei sei zur Vorsicht noch erwähnt, dass unter $1 N$ eine Ballonpferdestärke und unter R_r das relative Ballonnutzgewicht verstanden wird.

In den drei letzten Tabellen sind jene Ausführungsserien, welche noch einen statischen lenkbaren Ballon zulassen, mit einem Striche überdruckt.

Die **Tabelle 8bα** enthält eine Zusammenstellung der relativen Ballongewichte vom Durchmesser von 10 bis 20 m bei Rumpflängen von 30 bis 80 m und Geschwindigkeiten von 10 bis 17 m bei $1 N = 30$ kg und $R = 0{,}20$ kg.

Die **Tabelle 8bβ** enthält dieselbe Zusammenstellung für $1 N = 20$ kg und $R = 0{,}10$ kg.

Die **Tabelle 8bγ** endlich enthält diese Zusammenstellung für $1 N = 10$ kg und $R = 0{,}10$ kg.

Die **Tabelle 9b** veranschaulicht das Wachsen der relativen Ballongesamtgewichte bei zunehmender Geschwindigkeit.[55]

Erläuterung der Tafeln III, V, VI und VII.

Auf **Tafel III** sind 30 Graphikons zusammengestellt. Alle mit Kreuzen bezeichneten Kurven beziehen sich auf »150 Ballons«. In den von mir entworfenen großen Originalplänen sind diese Kurven mit roten Linien ausgezogen, deshalb findet sich auch in den Reproduktionen die Bezeichnung »Rote Kurve«. Es sind nur die Resultate von Ballons mit Durchmessern von 10 bis 25 m graphisch aufgetragen.

Auf allen Figuren sind die Durchmesser auf der Abscissenaxe und die relativen Ballongewichte in Zehntelkilogrammen auf der Ordinatenaxe aufgetragen.

Die vertikalen Figuren enthalten bei stets gleich groß angenommener Eigengeschwindigkeit der Ballons der Reihenfolge nach:

1. das relative Ballontraggerüstegewicht (Q_r);
2. das relative Ballonhüllengewicht (H_r);
3. das relative Ballonmotorengewicht (N_r) bei $1 N = 30$ kg;
4. das relative Ballongesamtgewicht (G_r) bei $1 N = 30$ kg und $R_r = 0{,}20$ kg;
5. das relative Ballongesamtgewicht (G_r) bei $1 N = 20$ kg (und 10 kg) und $R = 0{,}10$ kg.

Bei den beiden letzten horizontalen Figurenreihen ist immer der unterste Wert der Ordinate mit 4 angesetzt, bei den vorhergehenden mit Null.

Im Originale ist bei den Ordinaten für 1 mm = 0,01 kg angenommen. Für den Gebrauch dieser vorliegenden Tafel kann leicht der entsprechende Maßstab gezeichnet werden.

Dass auf derselben Tafel auch die Resultate aus »125 Ballons« graphisch aufgetragen sind, wurde schon auf Seite 105 bemerkt. Es dürfte sich, um Verwechslungen vorzubeugen, wie schon erwähnt, empfehlen, bei öfterem Gebrauche die beiden Kurven von »125« oder »150 Ballons« in verschie-

denen Farben einzuzeichnen. Um den Preis des Buches nicht unnötig zu erhöhen, wurde dies hier unterlassen.[58]

Die **Tafel V** giebt von »150 Ballons« ein übersichtliches Bild über den Einfluss der Rumpflänge (e) auf das relative Ballonmotoren- und Ballongesamtgewicht bei $d = 10$ bis 50 m und bei $e = 30$ bis 90 m Rumpflänge. Bei allen Graphikons ist $R = 0{,}1$ und 1 N der Reihenfolge nach gleich 10, 20 und 30 kg angenommen.

Auf **Tafel VI** (obere beiden Figurenreihen) sind die Resultate von »125 Ballons« und die von »150 Ballons«, um sie direkt mit einander vergleichen zu können, auf denselben Figuren gezeichnet. Das Studium dieser Figuren erfordert zur Vermeidung von Verwechslungen, nebst einer entsprechenden Erklärung, auch einige Aufmerksamkeit.

Auf allen acht Figuren sind auf der Abscissenaxe die Durchmesser der Ballons und auf der Ordinatenaxe die Rumpflängen in entsprechenden Abständen aufgetragen. Jede Figur entspricht einer bestimmten Balloneigengeschwindigkeit. Zur Konstruktion dieser Figuren wurden die relativen Ballongesamtgewichte mit ihrem betreffenden Werte in die Durchschnittspunkte von Abscissen und Ordinaten eingetragen und die Punkte, welche gleichen runden Werten entsprechen, mit einander verbunden. So entstanden die Kurven, welche danach Isohypsen sind.

Diese Linien zeigen an, welchen Durchmessern und welchen Rumpflängen derselbe Wert des relativen Ballongesamtgewichtes entspricht.

Man kann z. B. mit einem relativen Ballongesamtgewichte von 1,0 bei einer zu erhoffenden Geschwindigkeit von $v = 12$ m Ballons bauen, welche folgende Dimensionen haben, d. h. man hat die Auswahl zwischen Ballons von:

$d = 19{,}4$ m	bei	$e = 90$ m
$d = 20$ »	»	$e = 75$ »
$d = 21$ »	»	$e = 65$ »
$d = 25$ »	»	$e = 44$ »
$d = 26{,}7$ »	»	$e = 35$ »

und von allen dazwischen liegenden Stufen.

Auf der **Tafel VII**, korrespondierend mit der Tabelle 9b, sehen wir 18 Graphikons in 3 Serien über einander aufgetragen. Bei der untersten Serie ist 1 $N = 10$ kg, bei der mittleren 1 $N = 20$ kg und bei der obersten 1 $N = 30$ kg angenommen. In jeder Serie ist auf der Abscissenaxe $v =$ 10, 11, 12 etc. 20 und noch mehr Meter abzulesen und auf den Ordinatenaxen die jeweiligen Werte der relativen Ballongesamtgewichte von Zehntel zu Zehntel Kilogrammen. In jedem Graphikon erscheinen von oben nach unten gerechnet die Kurven von G_r bei $d_v = 10$, 15, 20, 30, 40 und 50 m aufgetragen. In jeder Serie entsprechen von links nach rechts die Kurven den Werten von $e = 30$, 40, 50, 60, 70, 80 etc. m.

Um ein Bild des gesetzmäßigen Verlaufes der mit dem Wachsen der Rumpflängen fortschreitenden Änderung der Kurven zu geben, wurden

alle jene Punkte gleicher Ballondurchmesser in jeder der drei Serien verbunden, welchen Geschwindigkeiten von $v = 17$ m entsprechen.

Etwas Eintrag der Kontinuität der Kurven gleich großer Geschwindigkeiten macht der Umstand, dass für $e = 30$ und 40 resp. 50 und 60, ferner 70 und 80 m jeweilig gleich große Werte (in Tabelle 2b und 3b) gewählt wurden, weshalb eigentlich zwei Kurven statt einer zum Vorschein kommen sollten. Diese Kurven liegen aber so nahe aneinander (besonders bei größeren Durchmessern), dass sie ohne besonders gewaltthätigen Eingriff in eine Kurve vereinigt werden konnten.

Bis zur 1,1 Linie sind alle ganzen Werte, welche gerechnet wurden, auf den einzelnen Ordinaten durch eingeringelte Punkte bezeichnet. Der Rest der Kurven wurde nach dem Gesetz der Symmetrie gezogen. Alle über die 1,1 Linie hinaus gezogenen Kurven wurden auf Grund genauer zahlenmäßiger Auftragungen gezeichnet.[87a])

Tabelle 1b.

Zusammenstellung der größten Querschnittsflächen (F_v), der Ballonoberflächen (O), der Ballonvolumina (V) und der zu deren Vorwärtsbewegung erforderlichen Pferdestärken von »**150 Ballons**« bei $v = 10$ bis $v = 17$ m Eigengeschwindigkeit in der Sekunde. $\eta = 1{,}5$.

Type	d Durchmesser		$F_v = \frac{\pi d^2}{4}$ Größte Querschnittsfläche	bei $v =$								bei $e =$						bei $e =$					
				10	11	12	13	14	15	16	17	30	40	50	60	70	80	30	40	50	60	70	80
				N_{10}	N_{11}	N_{12}	N_{13}	N_{14}	N_{15}	N_{16}	N_{17}	V_{30}	V_{40}	V_{50}	V_{60}	V_{70}	V_{80}	O_{30}	O_{40}	O_{50}	O_{60}	O_{70}	O_{80}
	d_v	d_r		·31416	·41814	·54236	·69020	·86205	1,0603	1,2868	1,51346												
	m		qm	F_r								cbm						qm					
A	8	6	50	20	26	34	44	55	67	82	98	1 381	1 768	2 156	2 543	2 930	3 318	838	1 057	1 277	1 496	1 716	1 936
B	9	7	63	25	33	43	55	69	85	104	125	1 842	2 346	2 851	3 357	3 862	4 367	987	1 237	1 488	1 730	1 991	2 242
C	10	8	78	31	41	54	69	86	106	128	154	2 380	3 018	3 657	4 295	4 934	5 572	1 143	1 425	1 707	1 990	2 273	2 555
D	11	9	95	38	50	65	83	104	128	155	186	3 000	3 787	4 575	5 399	6 150	6 938	1 307	1 620	1 934	2 248	2 562	2 876
E	12	10	113	45	60	78	99	124	152	185	222	3 706	4 658	5 610	6 563	7 515	8 468	1 478	1 822	2 168	2 518	2 859	3 204
F	13	11	132	53	70	91	116	145	179	217	260	4 502	5 684	6 767	7 900	9 033	10 167	1 657	2 038	2 409	2 786	3 163	3 540
G	14	12	153	61	81	106	135	168	207	252	302	5 391	6 719	8 049	9 378	10 708	12 037	1 848	2 250	2 658	3 006	3 475	3 883
H	15	13	176	70	94	122	155	193	238	289	347	6 378	7 918	9 459	11 001	12 542	14 084	2 037	2 475	2 915	3 354	3 794	4 233
J	16	14	201	80	107	138	176	220	271	329	395	7 467	9 223	11 008	12 772	14 541	16 310	2 238	2 707	3 178	3 649	4 120	4 591
K	17	15	226	90	120	156	199	219	306	371	446	8 661	10 674	12 683	14 696	16 708	18 721	2 446	2 947	3 450	3 902	4 454	4 957
L	18	16	251	101	135	175	223	279	343	416	500	9 984	12 237	14 505	16 776	19 048	21 319	2 662	3 194	3 728	4 262	4 796	5 330
M	19	17	283	113	150	195	249	311	382	461	557	11 381	13 924	16 471	19 017	21 563	24 110	2 886	3 449	4 014	4 580	5 145	5 710
N	20	18	314	125	167	217	276	344	424	514	617	12 915	15 749	18 585	21 422	24 259	27 096	3 117	3 711	4 308	4 905	5 501	6 098
O	21	19	346	138	184	239	304	380	467	567	680	14 570	17 710	20 853	23 996	27 139	30 282	3 355	3 981	4 609	5 237	5 865	6 493
P	22	20	380	152	202	262	334	417	513	622	747	16 351	19 812	23 277	26 742	30 207	33 672	3 601	4 258	4 917	5 577	6 236	6 896
Q	23	21	415	166	221	287	365	456	560	680	816	18 260	22 059	25 861	29 664	33 466	37 269	3 854	4 513	5 233	5 924	6 615	7 306
R	24	22	452	180	240	312	397	496	610	741	889	20 303	24 455	28 610	32 766	36 922	41 078	4 115	4 834	5 557	6 279	7 001	7 728
S	25	23	490	196	261	330	431	538	662	804	964	22 483	27 003	31 528	36 053	40 578	45 102	4 383	5 184	5 887	6 641	7 395	8 148
T	26	24	530	212	282	366	466	582	716	869	1043	24 804	29 708	34 618	39 527	44 437	49 346	4 658	5 441	6 226	7 011	7 796	8 581
U	27	25	572	229	304	395	503	628	772	938	1125	27 209	32 574	37 884	43 194	48 504	53 814	4 941	5 751	6 571	7 388	8 204	9 021
V	28	26	615	246	327	425	541	675	831	1008	1210	29 884	35 604	41 330	47 056	52 782	58 508	5 232	6 077	6 924	7 772	8 620	9 468
W	29	27	660	264	351	456	580	724	891	1082	1298	32 651	38 803	44 961	51 119	57 277	63 435	5 529	6 406	7 285	8 164	9 043	9 923
X	30	28	706	282	376	488	621	775	954	1158	1389	35 576	42 175	48 780	55 385	61 991	68 596	5 835	6 742	7 653	8 564	9 474	10 385
Y	40	38	1256	502	669	868	1104	1379	1696	2058	2469	74 307	86 259	98 185	110 129	122 073	134 017	9 297	10 538	11 743	12 967	14 192	15 416
Z	50	48	1963	785	1045	1357	1725	2155	2650	3217	3858	133 055	151 921	170 745	189 597	208 450	227 303	13 504	15 038	16 577	18 115	19 654	21 192

Tabelle 2b.

Angenommene Werte der Einheitsgewichte (h) eines Quadratmeters Ballonstoff incl. Netz etc. in kg zur Berechnung des relativen Ballonhüllengewichtes. »**150 Ballons**«.

c =	30 40	50 60	**70 80**	30 40	50 60	**70 80**	30 40	50 60	**70 80**	30 40	50 60	**70 80**	30 40	50 60	**70 80**	30 40	50 60	**70 80**	30 40	50 60	**70 80**	30 40	50 60	**70 80**	30 40	50 60	**70 80**
r =	10			11			12			13			14			15			16			17			18		
d = 10	0,70	0,75	**0,80**	0,75	0,80	**0,85**	0,80	0,85	**0,90**	0,85	0,90	**0,95**	0,90	0,95	**1,00**	0,95	1,00	**1,05**	1,00	1,05	**1,10**	1,05	1,10	**1,15**	1,10	1,15	**1,20**
15	90	95	**1,00**	95	1,00	**1,05**	1,00	1,05	**1,10**	1,05	1,10	**1,15**	1,10	1,15	**1,20**	1,15	1,20	**1,25**	1,20	1,25	**1,30**	1,25	1,30	**1,35**	1,30	1,35	**1,40**
20	1,10	1,15	**1,20**	1,15	1,20	**1,25**	1,20	1,25	**1,30**	1,25	1,30	**1,35**	1,30	1,35	**1,40**	1,35	1,40	**1,45**	1,40	1,45	**1,50**	1,45	1,50	**1,55**	1,50	1,55	**1,60**
25	1,30	1,35	**1,40**	1,35	1,40	**1,45**	1,40	1,45	**1,50**	1,45	1,50	**1,55**	1,50	1,55	**1,60**	1,55	1,60	**1,65**	1,60	1,65	**1,70**	1,65	1,70	**1,75**	1,70	1,75	**1,80**
30	1,50	1,55	**1,60**	1,55	1,60	**1,65**	1,60	1,65	**1,70**	1,65	1,70	**1,75**	1,70	1,75	**1,80**	1,75	1,80	**1,85**	1,80	1,85	**1,90**	1,85	1,90	**1,95**	1,90	1,95	**2,00**
40	1,90	1,95	**2,00**	1,95	2,00	**2,05**	2,00	2,05	**2,10**	2,05	2,10	**2,15**	2,10	2,15	**2,20**	2,15	2,20	**2,25**	2,20	2,25	**2,30**	2,25	2,30	**2,35**	2,30	2,35	**2,40**
50	2,30	2,35	**2,40**	2,35	2,40	**2,45**	2,40	2,45	**2,50**	2,45	2,50	**2,55**	2,50	2,55	**2,60**	2,55	2,60	**2,65**	2,60	2,65	**2,70**	2,65	2,70	**2,75**	2,70	2,75	**2,80**

Tabelle 3b.

Angenommene Werte des Einheitsgewichtes (in kg) eines Längenmeters der Ballongerüstekonstruktion (m) zur Berechnung des relativen Ballontraggerüstegewichtes. »**150 Ballons**«.

c =	30 40	50 60	**70 80**	30 40	50 60	**70 80**	30 40	50 60	**70 80**	30 40	50 60	**70 80**	30 40	50 60	**70 80**	30 40	50 60	**70 80**	30 40	50 60	**70 80**	30 40	50 60	**70 80**	30 40	50 60	**70 80**
d = 10	20	25	**30**	25	30	**35**	30	35	**40**	35	40	**45**	40	45	**50**	45	50	**55**	50	55	**60**	55	60	**65**	60	65	**70**
15	40	45	**50**	45	50	**55**	50	55	**60**	55	60	**65**	60	65	**70**	65	70	**75**	70	75	**80**	75	80	**85**	80	85	**90**
20	70	75	**80**	75	80	**85**	80	85	**90**	85	90	**95**	90	95	**100**	95	100	**105**	100	105	**110**	105	110	**115**	110	115	**120**
25	110	115	**120**	115	120	**125**	120	125	**130**	125	130	**135**	130	135	**140**	135	140	**145**	140	145	**150**	145	150	**155**	150	155	**160**
30	160	165	**170**	165	170	**175**	170	175	**180**	175	180	**185**	180	185	**190**	185	190	**195**	190	195	**200**	195	200	**205**	200	205	**210**
40	290	295	**300**	295	300	**305**	300	305	**310**	305	310	**315**	310	315	**320**	315	320	**325**	320	325	**330**	325	330	**335**	330	335	**340**
50	460	465	**470**	465	470	**475**	470	475	**480**	475	480	**485**	480	485	**490**	485	490	**495**	490	495	**500**	495	500	**505**	500	505	**510**

H_r

Tabelle 4b.

Das relative **Ballonhüllengewicht** $\left(H_r = \frac{O}{V} \cdot h\right)$ unter der Annahme auf Tabelle 2b. **»150 Ballons«.**

e =	30	40	50	60	70	80	30	40	50	60	70	80	30	40	50	60	70	80	30	40	50
r =	10						11						12						13		
d = 10	0,336	0,330	0,350	0,347	0,369	**0,366**	0,360	0,354	0,374	0,370	0,392	**0,389**	0,384	0,378	0,397	0,393	0,415	**0,412**	0,408	0,401	0,420
15	287	282	292	290	302	**301**	303	297	308	305	317	**316**	319	313	323	320	332	**331**	335	329	339
20	265	260	267	263	272	**270**	277	271	278	275	284	**281**	289	284	290	286	295	**292**	301	295	301
25	253	247	252	248	255	**253**	263	256	262	258	264	**262**	273	266	271	267	273	**271**	283	275	280
30	246	240	243	240	245	**242**	254	248	251	248	252	**249**	262	256	259	256	260	**257**	271	264	267
40	237	232	234	230	232	**230**	244	238	240	236	238	**236**	250	244	246	242	244	**241**	256	250	252
50	232	228	228	224	226	**224**	237	233	233	229	231	**228**	242	238	238	234	236	**233**	247	242	243

e =	60	70	80	30	40	50	60	70	80	30	40	50	60	70	80	30	40	50	60	70	80
r =	13			14						15						16					
d = 10	0,417	0,438	**0,435**	0,432	0,425	0,444	0,440	0,461	**0,458**	0,456	0,448	0,467	0,463	0,484	**0,481**	0,480	0,472	0,490	0,486	0,507	**0,504**
15	335	347	**346**	351	344	354	351	362	**361**	367	360	370	366	377	**376**	383	376	385	381	393	**391**
20	298	306	**304**	313	307	313	309	318	**315**	325	319	325	321	329	**326**	337	330	336	332	340	**337**
25	276	282	**280**	292	285	290	285	291	**290**	302	294	299	294	300	**299**	312	304	308	304	309	**308**
30	263	268	**264**	279	272	275	271	275	**272**	287	280	283	279	283	**279**	295	288	290	287	291	**287**
40	248	249	**247**	262	256	258	251	255	**253**	269	262	264	260	261	**259**	275	268	270	265	267	**264**
50	239	240	**238**	252	247	248	243	245	**242**	257	252	252	248	250	**247**	263	257	257	253	255	**252**

e, d und r sind in Meter, H_r in kg abzulesen.

Q_r

Tabelle 5b.

Das relative **Ballontraggerüstegewicht** $\left(Q_r = \frac{mc}{V}\right)$ unter der Annahme auf Tabelle 3b. **»150 Ballons«.**

c =	30	40	50	60	70	80	30	40	50	60	70	80	30	40	50	60	70	80	30	40	50
v =	10						11						12						13		
d = 10	$0{,}25_2$	$0{,}26_7$	$0{,}34_2$	$0{,}34_9$	$0{,}42_8$	$0{,}43_1$	$0{,}31_5$	$0{,}33_1$	$0{,}41_0$	$0{,}41_9$	$0{,}49_7$	$0{,}50_2$	$0{,}37_8$	$0{,}40_0$	$0{,}47_8$	$0{,}48_8$	$0{,}56_7$	$0{,}57_4$	$0{,}44_1$	$0{,}46_1$	$0{,}54_7$
15	18_8	20_2	23_8	24_6	27_0	28_1	21_2	22_8	26_4	27_3	30_7	31_1	23_5	25_2	29_1	29_9	33_5	34_1	25_9	27_8	31_7
20	16_3	17_8	20_2	21_0	23_1	23_6	17_1	19_0	21_5	22_1	24_5	25_1	18_6	20_3	22_8	23_8	26_0	26_6	19_7	21_6	24_2
25	14_7	16_1	18_2	19_1	20_7	21_3	15_3	17_1	19_0	20_0	21_5	22_2	16_0	17_7	19_9	20_8	22_4	23_0	16_7	18_5	20_6
30	13_5	15_4	16_9	17_0	19_2	19_8	13_6	15_7	17_1	18_1	19_8	20_4	14_3	16_1	17_9	19_0	20_3	21_0	14_8	16_6	18_4
40	11_7	13_4	15_0	16_1	17_2	17_9	11_9	13_7	15_3	16_3	17_5	18_2	12_1	13_9	15_5	16_8	17_8	18_5	12_3	14_1	15_8
50	10_1	12_1	13_6	14_7	15_8	16_5	10_5	12_2	13_8	14_9	15_9	16_7	10_6	12_4	13_9	15_9	16_1	17_0	10_7	12_5	14_0

c =	60	70	80	30	40	50	60	70	80	30	40	50	60	70	80	30	40	50	60	70	80
v =	13			14						15						16					
d = 10	$0{,}55_1$	$0{,}63_8$	$0{,}64_6$	$0{,}50_1$	$0{,}53_0$	$0{,}61_3$	$0{,}62_8$	$0{,}70_9$	$0{,}71_8$	$0{,}56_7$	$0{,}59_6$	$0{,}68_4$	$0{,}69_8$	$0{,}78_0$	$0{,}78_9$	$0{,}63_0$	$0{,}66_3$	$0{,}75_2$	$0{,}76_8$	$0{,}85_1$	$0{,}86_1$
15	32_7	36_3	36_0	28_2	30_4	34_4	35_4	39_0	39_7	30_6	32_8	37_0	38_1	41_9	42_6	32_9	35_4	39_6	40_9	44_6	45_4
20	25_2	27_4	28_0	21_0	22_9	25_7	26_6	28_8	29_5	22_0	24_1	26_9	28_0	30_3	31_0	23_2	25_4	28_2	29_4	31_7	32_5
25	21_0	23_3	24_2	17_3	19_2	21_4	22_5	24_3	24_8	18_0	20_0	22_2	23_3	25_0	25_7	18_7	20_7	23_0	24_1	25_9	26_6
30	19_5	20_9	21_6	15_2	17_1	19_0	20_0	21_5	22_2	15_6	17_5	19_5	20_6	22_0	22_7	16_0	18_0	20_0	21_1	22_6	23_3
40	16_0	18_1	18_8	12_5	14_4	16_0	17_1	18_3	19_1	12_7	14_6	16_3	17_4	18_6	19_4	12_9	14_8	16_5	17_7	18_9	19_7
50	15_2	16_3	17_1	10_8	12_6	14_2	15_4	16_5	17_2	10_9	12_7	14_3	15_5	16_6	17_4	11_0	12_9	14_5	15_6	16_8	17_6

m = das Gewicht in kg von 1 m Gerüst; c = Länge des Gerüstes in Meter.

N_r

Tabelle 6bα.

Das relative **Ballonmotorengewicht** $\left(N_r = \frac{Nk}{V}\right)$, wobei **1 N = 30 kg** angenommen. **»150 Ballons«.**

e =	30	40	50	60	70	80	30	40	50	60	70	80	30	40	50	60	70	80	30	40	50
v =	10						11						12						13		
d = 10	0,39$_6$	0,31$_2$	0,25$_7$	0,21$_9$	0,19$_1$	**0,16$_4$**	0,52$_8$	0,41$_1$	0,31$_2$	0,29$_2$	0,25$_0$	**0,22$_5$**	0,68$_4$	0,53$_7$	0,44$_4$	0,37$_8$	0,33$_6$	**0,29$_2$**	0,87$_0$	0,68$_6$	0,56$_7$
15	33$_4$	26$_7$	22$_4$	19$_2$	16$_6$	**15$_0$**	44$_1$	35$_7$	29$_8$	25$_8$	22$_5$	**20$_0$**	57$_3$	46$_2$	38$_7$	33$_4$	29$_2$	**26$_0$**	72$_9$	58$_8$	49$_2$
20	29$_2$	23$_9$	20$_2$	17$_5$	15$_5$	**13$_6$**	38$_7$	31$_8$	27$_0$	23$_4$	20$_6$	**18$_5$**	50$_4$	41$_4$	35$_4$	30$_4$	26$_8$	**24$_0$**	62$_2$	52$_5$	44$_4$
25	26$_2$	21$_8$	18$_7$	16$_4$	14$_5$	**13$_0$**	34$_8$	29$_0$	24$_8$	21$_7$	19$_3$	**17$_3$**	45$_3$	37$_5$	32$_4$	28$_2$	25$_0$	**22$_5$**	57$_6$	47$_7$	40$_8$
30	23$_8$	20$_1$	17$_3$	15$_3$	13$_7$	**12$_3$**	31$_8$	26$_7$	23$_1$	20$_3$	18$_1$	**16$_1$**	41$_1$	34$_5$	30$_0$	26$_4$	23$_6$	**21$_3$**	52$_5$	44$_1$	38$_1$
40	20$_7$	17$_5$	15$_1$	13$_7$	12$_4$	**11$_2$**	27$_0$	23$_2$	20$_4$	18$_2$	16$_1$	**15$_0$**	35$_4$	30$_2$	26$_5$	23$_7$	21$_3$	**19$_4$**	44$_7$	38$_4$	33$_6$
50	17$_7$	15$_5$	13$_8$	12$_4$	11$_3$	**10$_3$**	23$_6$	20$_6$	18$_4$	16$_5$	15$_0$	**13$_8$**	30$_6$	26$_8$	23$_8$	21$_5$	19$_5$	**17$_9$**	39$_0$	33$_9$	30$_3$

e =	60	70	80	30	40	50	60	70	80	30	40	50	60	70	80	30	40	50	60	70	80
v =	13			14						15						16					
d = 10	0,48$_7$	0,42$_6$	**0,37$_2$**	1,08$_6$	0,85$_5$	0,70$_8$	0,60$_3$	0,53$_1$	**0,46$_5$**	1,33$_5$	1,05$_3$	0,87$_0$	0,74$_1$	0,65$_7$	**0,57$_0$**	1,62$_0$	1,27$_8$	1,05$_6$	0,90$_0$	0,79$_5$	**0,69$_3$**
15	42$_1$	37$_2$	**33$_0$**	0,91$_2$	73$_5$	61$_4$	52$_8$	46$_2$	**41$_1$**	1,12$_2$	0,90$_3$	75$_6$	65$_1$	57$_0$	**50$_7$**	1,36$_2$	1,09$_2$	0,91$_8$	78$_1$	69$_3$	**61$_5$**
20	38$_4$	34$_2$	**30$_4$**	80$_1$	65$_7$	55$_5$	48$_3$	42$_6$	**38$_1$**	0,98$_4$	80$_7$	68$_1$	59$_1$	52$_5$	**46$_8$**	1,19$_1$	0,97$_8$	82$_8$	72$_0$	63$_6$	**57$_0$**
25	35$_4$	31$_8$	**28**	72$_0$	59$_1$	51$_1$	44$_7$	39$_9$	**35$_7$**	88$_5$	73$_5$	63$_0$	55$_2$	48$_1$	**44$_1$**	1,07$_1$	89$_4$	76$_5$	66$_9$	59$_4$	**53$_4$**
30	33$_0$	30$_0$	**27$_1$**	65$_1$	55$_2$	47$_7$	42$_0$	37$_5$	**33$_4$**	80$_4$	67$_8$	58$_8$	51$_6$	46$_2$	**41$_7$**	0,97$_5$	82$_2$	71$_1$	62$_7$	56$_1$	**50$_7$**
40	30$_1$	27$_1$	**24**	55$_8$	48$_4$	42$_0$	37$_5$	33$_6$	**30**	68$_1$	58$_8$	51$_9$	46$_2$	41$_7$	**38$_1$**	83$_1$	71$_4$	62$_7$	56$_4$	50$_7$	**46$_2$**
50	27$_4$	24$_8$	**22**	48$_7$	42$_6$	37$_8$	34$_2$	30$_6$	**28$_4$**	59$_7$	52$_2$	46$_5$	42$_0$	38$_1$	**35$_1$**	72$_6$	63$_6$	56$_4$	51$_0$	46$_2$	**42$_3$**

k = das Gewicht einer Ballonpferdestärke.

N_r

Tabelle 6bβ.

Das relative **Ballonmotorengewicht** (N_r), wobei **1 N = 20 kg** angenommen. »**150 Ballons**«.

c =	30	40	50	60	70	80	30	40	50	60	70	80	30	40	50	60	70	80	30	40	50
r =	10						11						12						13		
d = 10	0,26$_1$	0,20$_8$	0,17$_1$	0,14$_6$	0,12$_4$	**0,11$_2$**	0,35$_2$	0,27$_6$	0,22$_8$	0,19$_4$	0,17$_2$	**0,15$_6$**	0,45$_6$	0,35$_8$	0,29$_6$	0,25$_2$	0,22$_4$	**0,19$_4$**	0,58$_0$	0,45$_7$	0,37$_8$
15	22$_2$	17$_5$	14$_0$	12$_8$	11$_2$	**10$_0$**	29$_4$	23$_8$	19$_8$	17$_1$	15$_0$	**13$_4$**	38$_2$	30$_8$	25$_8$	22$_2$	19$_4$	**17$_3$**	48$_6$	39$_2$	32$_8$
20	19$_4$	15$_9$	13$_5$	11$_7$	10$_3$	**09$_2$**	25$_8$	21$_2$	18$_0$	15$_6$	13$_7$	**12$_3$**	33$_6$	27$_6$	23$_4$	20$_2$	17$_9$	**16$_0$**	42$_8$	35$_0$	29$_6$
25	17$_4$	14$_5$	12$_4$	10$_8$	09$_6$	**08$_7$**	23$_2$	19$_3$	16$_5$	14$_4$	12$_8$	**11$_6$**	30$_2$	25$_0$	21$_6$	18$_8$	16$_7$	**15$_0$**	38$_4$	31$_8$	27$_2$
30	15$_9$	13$_4$	11$_5$	10$_2$	09$_1$	**08$_2$**	21$_2$	17$_8$	15$_4$	13$_5$	12$_1$	**10$_4$**	27$_4$	23$_0$	20$_0$	17$_6$	15$_7$	**14$_2$**	35$_0$	29$_4$	25$_4$
40	13$_5$	11$_6$	10$_2$	09$_1$	08$_2$	**07$_5$**	18$_0$	15$_5$	13$_6$	12$_1$	10$_9$	**09$_0$**	23$_4$	20$_1$	17$_6$	15$_8$	14$_2$	**12$_9$**	29$_8$	25$_6$	22$_4$
50	11$_8$	10$_4$	09$_2$	08$_3$	07$_5$	**06$_4$**	15$_7$	13$_7$	12$_2$	11$_0$	10$_0$	**09$_2$**	20$_4$	17$_8$	15$_9$	14$_3$	13$_0$	**11$_9$**	26$_0$	22$_6$	20$_2$

c =	60	70	80	30	40	50	60	70	80	30	40	50	60	70	80	30	40	50	60	70	80
r =	13			14						15						16					
d = 10	0,32$_2$	0,28$_4$	**0,24$_8$**	0,72$_4$	0,57$_0$	0,47$_2$	0,40$_2$	0,35$_6$	**0,31$_0$**	0,89$_0$	0,70$_2$	0,58$_0$	0,49$_1$	0,43$_8$	**0,38$_0$**	1,08$_0$	0,85$_2$	0,70$_4$	0,60$_0$	0,53$_0$	**0,46$_2$**
15	28$_2$	24$_8$	**22$_0$**	60$_8$	49$_0$	41$_0$	35$_2$	30$_8$	**27$_6$**	74$_8$	60$_2$	50$_4$	43$_4$	38$_0$	**33$_8$**	0,90$_8$	72$_8$	61$_2$	52$_6$	46$_2$	**41$_0$**
20	25$_8$	22$_8$	**20$_4$**	53$_4$	43$_8$	37$_0$	32$_2$	28$_4$	**25$_4$**	65$_6$	53$_8$	45$_1$	39$_6$	35$_0$	**31$_2$**	79$_6$	65$_2$	55$_2$	48$_0$	42$_4$	**38$_0$**
25	23$_8$	21$_2$	**19$_1$**	48$_0$	39$_4$	34$_2$	29$_8$	26$_6$	**23$_8$**	59$_0$	49$_0$	42$_0$	36$_8$	32$_6$	**29$_4$**	71$_6$	59$_6$	51$_0$	44$_6$	39$_6$	**35$_6$**
30	22$_4$	20$_0$	**18$_1$**	43$_6$	36$_8$	31$_8$	28$_0$	25$_0$	**22$_6$**	53$_0$	45$_2$	39$_2$	34$_4$	30$_8$	**27$_8$**	65$_0$	54$_8$	47$_4$	41$_8$	37$_4$	**33$_8$**
40	20$_0$	18$_1$	**16$_5$**	37$_2$	32$_0$	28$_0$	25$_0$	22$_6$	**20$_6$**	45$_6$	39$_2$	34$_6$	30$_8$	27$_8$	**25$_4$**	55$_4$	47$_6$	41$_8$	37$_4$	33$_8$	**30$_8$**
50	18$_0$	16$_5$	**15$_2$**	32$_4$	28$_4$	25$_2$	22$_8$	20$_6$	**18$_9$**	39$_8$	34$_8$	31$_0$	28$_0$	25$_4$	**23$_4$**	48$_4$	42$_4$	37$_6$	34$_0$	30$_8$	**28$_2$**

N_r

Tabelle 6bγ.

Das relative **Ballonmotorengewicht** (N_r), wobei **1 N = 10 kg** angenommen. **»150 Ballons«.**

c =	30	40	50	60	70	80	30	40	50	60	70	80	30	40	50	60	70	80	30	40	50
v =	10						11						12						13		
d = 10	0,132	0,104	0,0859	0,0731	0,0648	**0,0564**	0,176	0,138	0,114	0,0973	0,0863	**0,0750**	0,228	0,179	0,148	0,126	0,112	**0,0974**	0,290	0,228	0,189
15	111	0891	0747	0642	0563	**0502**	147	119	0994	0855	0750	**0668**	191	154	129	111	0974	**0867**	243	196	164
20	0973	0797	0676	0586	0518	**0464**	129	106	0900	0780	0689	**0617**	168	138	117	101	0895	**0801**	214	175	148
25	087	0727	0623	0544	0484	**0435**	116	0967	0829	0724	0644	**0579**	151	125	108	0941	0836	**0752**	192	159	136
30	079	0670	0579	0510	0456	**0412**	106	0892	0771	0679	0607	**0548**	137	115	100	0882	0788	**0712**	175	147	127
40	0676	0583	0512	0456	0412	**0375**	0900	0775	0681	0607	0548	**0499**	117	1007	0884	0789	0711	**0648**	149	128	112
50	0590	0517	0460	0414	0377	**0345**	0786	0686	0612	0551	0501	**0460**	102	0893	0795	0716	0651	**0597**	130	113	101

c =	60	70	80	30	40	50	60	70	80	30	40	50	60	70	80	30	40	50	60	70	80
v =	13			14						15						16					
d = 10	0,161	0,142	**0,124**	0,362	0,285	0,236	0,201	0,178	**0,155**	0,445	0,351	0,290	0,247	0,219	**0,190**	0,540	0,426	0,352	0,300	0,265	**0,231**
15	141	124	**110**	304	245	205	176	154	**138**	374	301	252	217	190	**169**	454	364	306	263	231	**205**
20	129	114	**102**	267	219	185	161	142	**127**	328	269	227	198	175	**156**	398	326	276	240	212	**190**
25	119	106	**0956**	240	197	171	149	133	**119**	295	245	210	184	163	**147**	358	298	255	223	118	**178**
30	112	100	**0905**	218	184	159	140	125	**113**	268	226	196	172	154	**139**	325	274	237	209	187	**169**
40	100	0905	**0824**	186	160	140	125	113	**103**	228	196	173	154	139	**127**	277	238	209	187	169	**154**
50	091	0828	**0759**	162	142	126	114	103	**0948**	199	174	155	140	127	**117**	242	212	188	170	154	**141**

G_r

Tabelle 7bα.

Das relative **Ballongesamtgewicht** (G_r), wobei **1 N = 30 kg** und **R_r = ·1 kg** angenommen. **»150 Ballons«.**

c =	30	40	50	60	70	80	30	40	50	60	70	80	30	40	50	60	70	80	30	40	50
r =	10						11						12						13		
d = 10	1,084	1,007	1,050	1,015	1,091	**1,066**	1,303	1,199	1,226	1,181	1,248	**1,216**	1,546	1,415	1,419	1,359	1,418	**1,378**	1,819	1,651	1,634
15	0,908	0,851	0,851	0,828	0,850	**0,835**	1,056	0,982	0,970	0,934	0,949	**0,929**	1,227	1,127	1,101	1,052	1,059	**1,032**	1,423	1,295	1,248
20	0,820	0,777	0,772	0,748	0,758	**0,745**	0,938	0,879	0,863	0,833	0,835	**0,817**	1,079	1,001	0,969	0,927	0,923	**0,898**	1,249	1,136	1,087
25	0,762	0,728	0,721	0,702	0,707	**0,696**	0,864	0,817	0,801	0,775	0,772	**0,757**	0,986	0,918	0,894	0,857	0,847	**0,826**	1,126	1,037	0,994
30	0,719	0,695	0,686	0,672	0,674	**0,653**	0,808	0,772	0,756	0,735	0,731	**0,717**	0,916	0,862	0,838	0,810	0,799	**0,780**	1,044	0,971	0,932
40	0,657	0,641	0,638	0,628	0,627	**0,621**	0,733	0,707	0,697	0,681	0,677	**0,668**	0,822	0,785	0,766	0,745	0,735	**0,720**	0,926	0,875	0,846
50	0,613	0,601	0,602	0,595	0,597	**0,592**	0,678	0,661	0,655	0,643	0,640	**0,633**	0,751	0,730	0,715	0,699	0,692	**0,682**	0,844	0,806	0,787
c =	60	70	80	30	40	50	60	70	80	30	40	50	60	70	80	30	40	50	60	70	80
r =	13			14						15						16					
d = 10	1,559	1,692	**1,553**	2,122	1,910	1,865	1,771	1,804	**1,741**	2,458	2,197	2,121	2,002	2,021	**1,940**	2,830	2,513	2,398	2,254	1,253	**2,158**
15	1,185	1,182	**1,145**	1,645	1,482	1,412	1,333	1,314	**1,272**	1,895	1,691	1,596	1,498	1,466	**1,409**	2,174	1,922	1,799	1,679	1,632	**1,560**
20	1,037	1,022	**0,990**	1,421	1,293	1,223	1,158	1,132	**1,091**	1,629	1,467	1,375	1,295	1,257	**1,204**	1,863	1,662	1,546	1,446	1,393	**1,332**
25	0,949	0,933	**0,909**	1,285	1,168	1,117	1,057	1,033	**0,995**	1,467	1,329	1,251	1,179	1,139	**1,097**	1,673	1,505	1,403	1,314	1,262	**1,208**
30	0,894	0,877	**0,851**	1,185	1,095	1,042	0,991	0,965	**0,933**	1,317	1,233	1,166	1,101	1,065	**1,023**	1,530	1,390	1,301	1,225	1,178	**1,127**
40	0,818	0,801	**0,782**	1,045	0,980	0,938	0,900	0,878	**0,853**	1,180	1,096	1,046	0,996	0,964	**0,934**	1,335	1,230	1,162	1,103	1,063	**1,023**
50	0,764	0,751	**0,736**	0,946	0,899	0,868	0,838	0,819	**0,798**	1,063	1,002	0,960	0,923	0,897	**0,872**	1,199	1,122	1,066	1,020	0,985	**0,951**

G_r

Tabelle 7bβ.

Das relative **Ballongesamtgewicht** (G_r), wobei **1 N = 20 kg** und **R_r = ·1 kg** angenommen. **»150 Ballons«.**

e =	30	40	50	60	70	80	30	40	50	60	70	80	30	40	50	60	70	80	30	40	50
v =	10						11						12						13		
d = 10	0,952	0,903	0,964	0,942	1,026	1,009	1,127	1,061	1,112	1,083	1,161	1,141	1,318	1,236	1,271	1,233	1,306	1,280	1,529	1,422	1,445
15	0,797	0,762	0,779	0,764	0,793	0,785	0,909	0,863	0,870	0,849	0,874	0,862	1,036	0,973	0,972	0,941	0,961	0,945	1,180	1,099	1,084
20	0,722	0,697	0,701	0,690	0,706	0,698	0,809	0,773	0,773	0,755	0,766	0,755	0,911	0,863	0,852	0,826	0,834	0,818	1,026	0,961	0,939
25	0,674	0,655	0,659	0,647	0,658	0,653	0,748	0,720	0,717	0,702	0,707	0,700	0,835	0,793	0,786	0,763	0,764	0,751	0,934	0,878	0,858
30	0,640	0,628	0,628	0,621	0,628	0,622	0,702	0,683	0,679	0,667	0,671	0,662	0,779	0,747	0,738	0,722	0,720	0,709	0,869	0,824	0,805
40	0,589	0,582	0,586	0,582	0,586	0,584	0,643	0,630	0,629	0,620	0,622	0,617	0,705	0,684	0,677	0,666	0,664	0,655	0,777	0,747	0,734
50	0,551	0,552	0,556	0,551	0,559	0,558	0,599	0,592	0,593	0,588	0,590	0,587	0,652	0,640	0,636	0,627	0,627	0,622	0,714	0,693	0,686

e =	60	70	80	30	40	50	60	70	80	30	40	50	60	70	80	30	40	50	60	70	80
v =	13			14						15						16					
d = 10	1,398	1,460	1,429	1,760	1,625	1,629	1,570	1,626	1,586	2,013	1,846	1,831	1,755	1,802	1,750	2,290	2,087	2,046	1,954	1,988	1,927
15	1,014	1,058	1,035	1,311	1,237	1,207	1,157	1,160	1,134	1,521	1,390	1,344	1,281	1,276	1,240	1,720	1,558	1,493	1,416	1,401	1,355
20	0,908	0,908	0,888	1,157	1,074	1,038	0,997	0,990	0,964	1,301	1,198	1,148	1,097	1,082	1,048	1,465	1,336	1,270	1,206	1,181	1,142
25	0,830	0,827	0,813	1,045	0,971	0,946	0,908	0,900	0,876	1,172	1,081	1,041	0,995	0,976	0,950	1,315	1,207	1,148	1,091	1,064	1,030
30	0,782	0,777	0,761	0,967	0,911	0,883	0,851	0,840	0,820	1,079	1,007	0,970	0,929	0,911	0,884	1,205	1,116	1,064	1,016	0,991	0,958
40	0,717	0,711	0,700	0,859	0,820	0,798	0,775	0,765	0,750	0,952	0,900	0,873	0,842	0,825	0,807	1,058	0,992	0,953	0,916	0,894	0,869
50	0,671	0,668	0,661	0,784	0,757	0,742	0,721	0,716	0,703	0,864	0,828	0,805	0,783	0,770	0,755	0,957	0,910	0,878	0,850	0,831	0,810

R = Nutzlast. $G_r = H_r + N_r + Q_r + R_r$. e, v, d sind in Meter, G_r in kg abzulesen.

G_r

Tabelle 7bγ.

Das relative **Ballongesamtgewicht** (G_r), wobei $1 N = 10$ **kg** und $R_r = \cdot 1$ **kg** angenommen. **»150 Ballons«.**

$c =$	30	40	50	60	70	80	30	40	50	60	70	80	30	40	50	60	70	80	30	40	50
$r =$	10						11						12						13		
$d =$ 10	0,820	0,799	0,878	0,869	0,962	**0,953**	0,951	0,923	0,998	0,986	1,075	**1,066**	1,090	1,057	1,123	1,107	1,194	**1,183**	1,239	1,194	1,256
15	0,686	0,673	0,705	0,700	0,737	**0,735**	0,762	0,744	0,771	0,763	0,799	**0,796**	0,845	0,819	0,843	0,830	0,864	**0,859**	0,937	0,903	0,920
20	0,625	0,618	0,637	0,632	0,655	**0,652**	0,680	0,667	0,683	0,677	0,698	**0,694**	0,743	0,725	0,735	0,725	0,744	**0,738**	0,812	0,786	0,791
25	0,587	0,583	0,596	0,593	0,610	**0,609**	0,632	0,624	0,635	0,630	0,643	**0,642**	0,684	0,668	0,678	0,669	0,681	**0,676**	0,742	0,719	0,722
30	0,560	0,561	0,570	0,570	0,583	**0,581**	0,596	0,594	0,602	0,600	0,611	**0,608**	0,642	0,632	0,638	0,634	0,642	**0,638**	0,694	0,677	0,678
40	0,522	0,524	0,535	0,537	0,545	**0,546**	0,553	0,552	0,561	0,560	0,568	**0,568**	0,588	0,584	0,589	0,587	0,593	**0,591**	0,628	0,619	0,622
50	0,495	0,501	0,510	0,512	0,522	**0,523**	0,521	0,524	0,532	0,533	0,540	**0,541**	0,550	0,551	0,556	0,556	0,562	**0,563**	0,584	0,580	0,585

$c =$	60	70	80	30	40	50	60	70	80	30	40	50	60	70	80	30	40	50	60	70	80
$r =$	13			14						15						16					
$d =$ 10	1,237	1,318	**1,305**	1,398	1,340	1,393	1,369	1,448	**1,431**	1,568	1,495	1,541	1,508	1,583	**1,560**	1,750	1,661	1,694	1,654	1,723	**1,696**
15	0,903	0,934	**0,925**	1,037	0,992	1,002	0,981	1,006	**0,996**	1,147	1,089	1,092	1,064	1,086	**1,071**	1,266	1,194	1,187	1,153	1,170	**1,150**
20	0,779	0,794	**0,786**	0,890	0,855	0,853	0,836	0,848	**0,837**	0,973	0,929	0,921	0,899	0,907	**0,892**	1,067	1,010	0,994	0,966	0,969	**0,952**
25	0,711	0,721	**0,718**	0,805	0,774	0,775	0,759	0,767	**0,757**	0,877	0,839	0,831	0,811	0,813	**0,803**	0,957	0,909	0,893	0,868	0,866	**0,852**
30	0,670	0,677	**0,670**	0,749	0,727	0,724	0,711	0,715	**0,707**	0,811	0,781	0,774	0,757	0,757	**0,745**	0,880	0,842	0,827	0,807	0,804	**0,789**
40	0,617	0,620	**0,617**	0,673	0,660	0,658	0,650	0,652	**0,647**	0,724	0,704	0,700	0,688	0,686	**0,680**	0,781	0,754	0,744	0,729	0,725	**0,715**
50	0,582	0,586	**0,585**	0,622	0,615	0,616	0,610	0,613	**0,609**	0,665	0,654	0,650	0,643	0,643	**0,638**	0,715	0,698	0,690	0,680	0,677	**0,669**

Übersichtliche Zusammenstellung der Volumina und der relativen Ballongewichte etc. von »150 Ballons«.

Das relative Ballonnutzgewicht ist $R_r = \cdot 20$ und $1\ N = 30$ kg angenommen.

e =	30					40				
	V	H_r	N_r	Q_r	G_r	V	H_r	N_r	Q_r	G_r
v = 10										
d = 10	2 381	0,33	0,39	0,25	1,18	3 018	0,33	0,31	0,26	1,10
11	3 000	.	.	.	1,14	3 787	.	30	25	1,06
12	3 707	31	36	22	1,10	4 658	30	29	24	1,03
13	4 502	30	35	21	1,07	5 634	29	28	22	1,00
14	5 391	.	.	.	1,03	6 719	.	27	21_7	0,98
15	6 379	28	33	18_8	1,00	7 918	28	26	20	95
17	8 661	27_6	31	18_5	0,97	10 674	27	25_5	19_5	92
18	9 964	27_2	30	17	95	12 237	26_8	25_1	19_1	90
20	12 915	26	29	16	92	15 749	26_0	24	17_8	87
v = 11										
d = 10	2 381	0,36	0,52	0,31	1,40	3 018	0,35	0,41	0,33	1,30
11	3 000	.	.	.	1,34	3 787	.	40	30	1,24
12	3 707	33	48	26	1,28	4 658	32	38	23	1,19
13	4 502	32	47	21	1,23	5 634	31	37	26_1	1,15
14	5 391	.	.	.	1,19	6 719	.	36_5	24_5	1,11
15	6 379	30	44	21	1,15	7 918	29	35	22_8	1,08
17	8 661	29	41	19_5	1,10	10 674	28	34	21_1	1,03
18	9 961	28	40	19_0	1,08	12 237	27_5	33	20_7	$1,01_5$
20	12 915	27	38	17	1,03	15 749	27_1	31_8	19	$0,97_5$
v = 12										
d = 10	2 381	0,38	0,65	$0,37_5$	1,64	3 018	0,37	0,53	0,40	1,51
11	3 000	.	.	.	1,56	3 787	.	52	36	1,41
12	3 707	35	63	30	1,49	4 658	31	50	32_7	1,37
13	4 502	33	61	28	1,43	5 634	33	48_4	29_8	1,31
14	5 391	.	.	.	1,37	6 719	.	47_1	28	1,27
15	6 379	32	57	23	1,32	7 918	31	46	25_2	1,22
17	8 661	30_1	54	21	1,26	10 674	29_4	44	23	1,17
18	9 964	29_5	52	20	1,23	12 237	29_2	43	22	$1,14_5$
20	12 915	28_5	50	18	1,18	15 749	28	41	20	1,10

e =	50					60				
	V	H_r	N_r	Q_r	G_r	V	H_r	N_r	Q_r	G_r
v = 10										
d = 10	3 657	0,35	0,25	0,34	1,15	4 295	0,34	$0,21_9$	0,34	1,11
11	4 575	.	.	31	1,09	5 399	.	.	.	1,06
12	5 610	32	24	29	1,05	6 563	31	20_6	30	1,02
13	6 767	31	23	27	1,01	7 900	30	20_1	28	0,98
14	8 049	.	.	25	0,98	9 378	.	.	.	95
15	9 459	29	22	23	95	11 001	29	19	24	92
17	12 683	28	21_4	22	92	14 696	27_7	18_5	23	89
18	14 505	27	21_0	21	90	16 776	27_2	18_1	22	87
20	18 585	26	20	20	87	21 422	26	17	21	84
v = 11										
d = 10	3 657	0,37	0,34	0,41	1,32	4 295	0,37	0,29	$0,41_5$	1,28
11	4 575	.	.	37	1,26	5 399	.	.	.	1,21
12	5 610	34	32	34	1,20	6 563	33	27	34	1,16
13	6 767	32	31	31	1,15	7 900	32	26	31_9	1,11
14	8 049	.	.		1,11	9 378	.	.	.	1,07
15	9 459	30	29	26	1,07	11 001	30	25	27	1,03
17	12 683	29	28_8	24	1,02	14 696	29	24_6	25	0,99
18	14 505	28_3	28_0	23	1,00	16 776	28	24_2	24	97
20	18 585	27_4	27	21	0,96	21 422	27	23	22	93
v = 12										
d = 10	3 657	0,39	0,44	$0,47_5$	1,52	4 295	0,39	0,37	$0,48_5$	$1,45_5$
11	4 575	.	.	42	1,14	5 399	.	.	43	1,38
12	5 610	36	41	38	$1,35_5$	6 563	35	35	39	1,30
13	6 767	34	40	34	1,29	7 900	33_5	34	35	1,24
14	8 049	.	.	.	1,24	9 378	.	.	.	1,19
15	9 459	32	38	29	1,20	11 001	32	33	29_5	1,15
17	12 683	30_7	37	26	1,14	14 696	30	32	27	$1,09_5$
18	14 505	30_1	36	25	1,11	16 776	29	31	26	1,07
20	18 585	29	35	22	$1,06_5$	21 422	28	30	23_8	1,02

e =	70					80				
	V	H_r	N_r	Q_r	G_r	V	H_r	N_r	Q_r	G_r
v = 10										
d = 10	4 934	$0,36_5$	0,19	0,42	1,19	5 572	0,36	$0,16_8$	0,43	1,16
11	6 150	.	.	.	1,13	6 938	34	16_5	39	1,10
12	7 515	34	18	35	1,06	8 46	33	16	36	1,05
13	9 033	32	17	32	1,02	10 167	32	15_6	33	1,00
14	10 708	.	.	.	0,98	12 037	.	15_3	31	0,96
15	12 542	30	16_9	27_9	95	14 084	30	15_0	28_4	93
17	16 708	28_8	16_3	26	91	18 721	28_6	14_5	26_5	89
18	19 048	28_2	16_0	24_9	89	21 319	28_0	14_3	25_3	87
20	24 259	27	15	23	85	27 066	27	13_9	23_6	84
v = 11										
d = 10	4 934	0,39	0,26	0,49	1,31	5 572	0,39	0,22	0,50	1,31
11	6 150	.	.	.	1,26	6 938	.	21_7	45	1,21
12	7 515	35	24	40	1,19	8468	35	21	40_7	1,17
13	9 033	33	23	36	1,13	10 167	33	20_8	37	1,11
14	10 708	.	.	.	1,09	12 037	.	20_4	34	1,07
15	12 542	31	22	30	1,05	14 084	31	20	31	1,03
17	16 708	30	21_7	28	1,00	18 721	30	19_3	28_0	$0,97_8$
18	19 048	29	21_3	26	0,97	21 319	29	19	27_4	95
20	24 259	28	20	24	93	27 096	28	18	25	91
v = 12										
d = 10	4 934	0,41	0,33	0,56	1,51	5 572	0,41	0,29	$0,57_4$	1,47
11	6 150	.	.	.	1,12	6 938	.	28_4	50_7	1,38
12	6 515	37	31	44	1,33	8 468	37	27_7	45_4	1,30
13	9 033	35	30	40	1,26	10 167	35	27_0	40_5	1,23
14	10 708	.	.	.	1,20	12 037	.	26_5	37	1,18
15	12 542	33	29	33	1,16	14 084	33	26	34_1	1,13
17	16 708	31	28	30	$1,09_5$	18 721	31	25	30_7	1,07
18	19 048	30	27	28	1,07	21 319	30	24_7	29_3	1,04
20	24 259	29	26	26	1,02	27 096	29	24_0	26_8	$0,99_5$

Tabelle 8bα_2.

Übersichtliche Zusammenstellung der Volumina und der relativen Ballongewichte etc. von »**150 Ballons**«.
Das relative Ballonnutzgewicht ist $R_r = \cdot 2$ und $1\,N = 30$ **kg** angenommen.

$e =$	30					40					50					60					70					80				
$c =$ 13	V	H	N	Q	G	V	H_r	N_r	Q_r	G_r	V	H_r	N_r	Q_r	G_r	V	H_r	N_r	Q_r	G_r	V	H_r	N_r	Q_r	G_r	V	H_r	N_r	Q_r	G_r
$d =$ 10	[illegible]	0,40	0,87	0,41	1,92	3 018	0,40	0,68	0,45	1,75	3 657	0,42	0,56	0,54	1,73	4 295	0,41	0,48	0,55$_9$	1,66	4 934	0,43	0,42	0,63	1,70	5 572	0,43	0,37	0,64	1,65
11	[illegible]	.	.	.	1,81	3 787	.	66	41	1,66	4 575	.	.	.	1,63	5 399	.	.	.	1,56	6 150	.	.	.	1,58	6 938	.	36	57	1,54
12	[illegible]	37	80	31	1,72	4 658	36	64	36	1,57	5 610	37	53	43	1,54	6 563	37	45	43$_9$	1,46	7 515	39	39	49	1,48	8 468	38$_5$	35	50	1,44
13	[illegible]	35	77	[illegible]	1,61	5 634	35	62	33	1,50	6 767	36	51	38	1,46	7 900	35	44	39	1,39	9 033	37	33	44	1,40	10 167	37	34	44$_8$	1,36
14	5 391	.	.	.	1,57	6 719	.	60	30	1,44	8 049	.	.	.	1,40	9 378	.	.	.	1,33	10 708	.	.	.	1,34	12 037	.	33$_5$	40	1,30
15	[illegible]	34	72	[illegible]	1,52	7 918	33	58	27	1,39	9 459	34	49	31	1,34	11 001	33	42	32	1,28	12 542	34	37	36	1,28	14 084	34	33	37	1,21
17	[illegible]	32	69	[illegible]	1,44	10 674	31	56	25	1,32	12 683	32	47	28	1,27	14 696	31$_7$	40$_5$	29	1,21	16 708	32$_8$	35$_7$	32	1,20	18 721	32	31$_8$	33	1,17
18	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	1,40	12 237	30	55	24	1,29	14 505	31	46	26	1,24	16 776	31	39$_6$	27$_9$	1,19	19 048	32	35$_1$	30	1,17	21 319	31	31$_5$	31	1,14
20	[illegible]	30	64	19	1,35	15 749	29	5[illegible]	21	1,23	18 585	30	44	24	1,18	21 422	29$_5$	38	25	1,13	24 259	30	34	27	1,12	27 096	30	30	28	1,09

$c =$ 14	V	H	N	Q	G	V	H_r	N_r	Q_r	G_r	V	H_r	N_r	Q_r	G_r	V	H_r	N_r	Q_r	G_r	V	H_r	N_r	Q_r	G_r	V	H_r	N_r	Q_r	G_r
$d =$ 10	2 381	0,43	1,08	0,50	2,22	3 018	0,42	0,85	0,53	2,01	3 657	0,44	0,70	0,61	1,96	4 295	44	60	62	1,87	4 934	0,46	0,53	0,70	1,90	5 572	45$_8$	46	71$_8$	1,84
11	[illegible]	.	.	.	2,09	3 787	.	82	46	1,89	4 575	.	.	53	1,83	5 399	.	.	54	1,74	6 150	.	.	.	1,75	6 938	.	45	62	1,69
12	[illegible]	[illegible]	1,00	[illegible]	1,98	4 658	38	79	41	1,79	5 610	39	66	47	1,73	6 563	39	56	48	1,64	7 515	41	49	54	1,64	8 468	40$_5$	44	55	1,59
13	4 502	[illegible]	0,97	34	1,89	5 634	36	77	37	1,71	6 767	38	64	42	1,64	7 900	37	55	43	1,56	9 033	39	45	48	1,55	10 167	39	42$_9$	48$_7$	1,50
14	5 391	.	.	.	1,81	6 719	.	75	33$_6$	1,64	8 049	.	.	.	1,57	9 378	.	.	.	1,49	10 708	.	.	.	1,48	12 037	.	42	43$_6$	1,43
15	6 379	[illegible]	91	28	1,74	7 918	34	73	30	1,58	9 459	35	61	34	1,51	11 001	35	52	35	1,43	12 542	36	46	39	1,41	14 034	36	41	39	1,37
17	8 661	33	[illegible]	25	1,64	10 674	32	69$_9$	27	1,49	12 683	33	58$_8$	30	1,42	14 696	33	50	31	1,35	16 708	34	44	34	1,33	18 721	33$_9$	39$_9$	35	1,28
18	9 961	32	84	23	1,60	12 237	31	68	25$_7$	1,46	14 505	32	57$_9$	28	1,39	16 776	32	49	29	1,32	19 048	33	43	32	1,29	21 319	33	39$_3$	33	1,25
20	12 915	31	80	21	1,52	15 749	30	65	23	1,39	18 585	31	55	25	1,32	21 422	30$_5$	48	26	1,26	24 259	31$_8$	42	28	1,23	27 096	31	38	29	1,19

$c =$ 15	V	H	N	Q	G	V	H_r	N_r	Q_r	G_r	V	H_r	N_r	Q_r	G_r	V	H_r	N_r	Q_r	G_r	V	H_r	N_r	Q_r	G_r	V	H_r	N_r	Q_r	G_r
$d =$ 10	2 381	0,45	1,33	0,56	2,55	3 018	0,44$_6$	1,05	0,59$_6$	2,29	3 657	0,46	0,87	0,63	2,22	4 295	0,46	0,74	0,69$_5$	2,10	4 931	0,48	0,65	0,73	2,12	5 572	0,48	0,57	0,79	2,04
11	3 000	.	.	.	2,40	3 787	.	1,02	51$_6$	2,16	4 575	.	.	.	2,07	5 399	.	.	60	1,96	6 150	.	.	.	1,95	6 938	.	55	68	1,88
12	3 707	41	1,23	43	2,27	4 658	40	0,98	45$_5$	2,01	5 610	41	83	51	1,95	6 563	41	69$_5$	53	1,84	7 515	42$_5$	60$_5$	58	1,82	8 468	42	54	59$_8$	1,76
13	4 502	39	1,19	38	2,16	5 634	38	95	40$_8$	1,91	6 767	39$_5$	79	45	1,85	7 900	39	68	47	1,74	9 033	40$_5$	59	52	1,72	10 167	40	52$_6$	52$_7$	1,66
14	5 391	.	.	.	2,07	6 719	.	93	36	1,86	8 049	.	.	.	1,76	9 378	.	.	43	1,66	10 708	.	.	.	1,63	12 037	.	51$_5$	47	1,57
15	5 879	36	1,12	30	1,99	7 918	36	90	32$_6$	1,79	9 459	37	75	37	1,69	11 001	26	65	38	1,59	12 542	37	57	42	1,56	14 084	37	50	42$_6$	1,50
17	8 661	34$_6$	1,06	26	1,87	10 674	33$_8$	85	29	1,68	12 683	34$_6$	72	33	1,59	11 696	34	62	33	1,50	16 708	35	54$_6$	36	1,46	18 721	36	48$_5$	37	1,41
18	9 961	33$_6$	1,03	25	1,82	12 237	33$_1$	84$_6$	27	1,65	14 505	33$_8$	71	30	1,55	16 776	33	61	31	1,46	19 048	34	54$_0$	34	1,42	21 319	34	45$_5$	35	1,37
20	12 915	32	0,95	23	1,73	15 749	31$_8$	80	24	1,58	18 585	32	68	27	1,47	21 422	32	59	28	1,39	24 259	32$_5$	53	30	1,35	27 096	33	46$_5$	31	1,30

Tabelle 8bα_3.

Übersichtliche Zusammenstellung der Volumina und der relativen Ballongewichte etc. von »**150 Ballons**«.
Das relative Ballonnutzgewicht ist $R_r = \cdot 2$ und $1 N = 30$ **kg** angenommen.

$v =$	30					40					50					60					70					80				
$r =$ 16																														
	V	H_r	N_r	Q_r	G_r	V	H_r	N_r	Q_r	G_r	V	H_r	N_r	Q_r	G_r	V	H_r	N_r	Q_r	G_r	V	H_r	N_r	Q_r	G_r	V	H_r	N_r	Q_r	G_r
$d =$ 10	2381	0,48	1,62	0,63	**2,93**	3018	0,47	1,27$_5$	0,66	**2,61**	3657	0,49	1,05	0,75	**2,49**	4295	0,48	0,90	0,76$_5$	**2,35**	4934	0,50	0,79	0,85	**2,35**	5572	0,50	0,69	0,86	**2,25**
11	3000	.	.	.	**2,75**	3787	.	.	.	**2,14**	4575	.	.	61	**2,31**	5399	.	.	65	**2,18**	6150	.	.	.	**2,16**	6938	.	.	.	**2,05**
12	3707	43	1,50	47	**2,60**	4658	42	1,19	49	**2,31**	5610	43	0,99	56	**2,18**	6563	43	84	57	**2,05**	7515	44	74	63	**2,02**	8468	44	65	64	**1,94**
13	4502	41	1,15	41	**2,47**	5631	40	1,15	44	**2,20**	6767	41	93	49	**2,07**	7900	40$_5$	82	50$_5$	**1,94**	9033	42	72	55$_5$	**1,90**	10167	42	61	56	**1,83**
14	5391	.	.	.	**2,37**	6719	.	.	.	**2,10**	8049	.	.	.	**1,97**	9378	.	.	45	**1,85**	10708	.	.	.	**1,81**	12037	.	.	.	**1,75**
15	6379	38	1,36	33	**2,27**	7918	37	1,09	35	**2,02**	9459	38	91$_5$	39	**1,90**	11001	38	78$_5$	41	**1,78**	12542	39	69	44	**1,73**	14084	39	61	45	**1,66**
17	8661	36	1,28	28	**2,13**	10674	35	1,04	30	**1,90**	12683	36	87$_5$	34	**1,78**	14696	35	75$_5$	35	**1,67**	16708	36	63	38	**1,62**	18721	36	59	39	**1,55**
18	9961	35	1,25	26	**2,07**	12237	34	1,02$_5$	29	**1,86**	14505	35	86	32	**1,73**	16776	34	74	33	**1,62**	19018	35	65	36	**1,57**	21319	35	58	36$_5$	**1,50$_5$**
20	12915	33	1,19	23	**1,96**	15749	34	0,97$_5$	25	**1,76**	18585	31	82$_5$	28	**1,61**	21422	33	72	29	**1,54**	24259	34	63	31	**1,49**	27026	33	57	32	**1,48**
$r =$ 17																														
$d =$ 10	2381	0,50	1,95	0,69	**3,34**	3018	0,49	1,53	0,72$_5$	**2,95$_5$**	3657	0,51	1,26	0,82	**2,80**	4295	0,51	1,07	0,53	**2,62**	4934	0,53	0,95	0,92	**2,60**	5572	0,52	0,83	0,93	**2,49**
11	3000	.	.	.	**3,13**	3787	.	.	.	**2,75**	4575	.	.	.	**2,60**	5399	.	.	71	**2,43**	6150	.	.	.	**2,38**	6938	.	.	.	**2,29**
12	3707	45	1,79	51	**2,95$_5$**	4658	44	1,43	54	**2,61**	5610	45	1,18$_5$	60	**2,15**	6563	45	1,01	62	**2,28**	7515	46	88$_5$	68	**2,23**	8468	46	78$_5$	69	**2,14**
13	4502	43	1,73	44	**2,81**	5631	42	1,38$_5$	47	**2,18**	6767	43	1,15	53	**2,32**	7900	42	0,93	54	**2,16**	9033	44	86$_5$	59	**2,10**	10167	44	76$_5$	60	**2,01**
14	5391	.	.	.	**2,68**	6719	.	.	.	**2,38**	8049	.	.	.	**2,22**	9378	.	.	48	**2,05**	10708	.	.	.	**2,00**	12037	.	.	.	**1,91**
15	6379	40	1,63	35	**2,58**	7918	39	1,31	38	**2,28**	9459	40	1,10	42	**2,12**	11001	39	94	43	**1,97**	12542	40	83	47	**1,91**	14084	40	73$_5$	48	**1,82**
17	8661	37	1,51	30	**2,42**	10674	36	1,25	32	**2,14**	12683	37	1,05	36	**1,99**	14696	37	90$_5$	37	**1,85**	16708	38	80	40	**1,79**	18721	38	71	41	**1,70**
18	9961	36	1,50	28	**2,35**	12237	35	1,23	30	**2,09**	14505	36	1,03	33$_5$	**1,93$_5$**	16776	36	89	35	**1,80**	19048	37	78	37$_5$	**1,73**	21319	36$_5$	70	38	**1,65**
20	12915	35	1,43	24	**2,22**	15749	34	1,17	26	**1,98**	18585	34$_5$	0,93	29	**1,81**	21422	34	86	30	**1,71**	24259	35	76	33	**1,64**	27026	35	68	34	**1,57**

Tabelle 8bβ_1.

Übersichtliche Zusammenstellung der Volumina und der relativen Ballongewichte etc. von »**150 Ballons**«.
Das relative Ballonnutzgewicht ist $R_r = \cdot 1$ kg und $1 N = 20$ kg angenommen.

$v =$	30					40					50					60					70					80				
$r =$ 10	V	H_r	N_r	Q_r	G_r	V	H_r	N_r	Q_r	G_r	V	H_r	N_r	Q_r	G_r	V	H_r	N_r	Q_r	G_r	V	H_r	N_r	Q_r	G_r	V	H_r	N_r	Q_r	G_r
$d =$ 10	2 381	0,33	0,26	0,27	0,95	3 018	0,33	0,30	0,26	0,90	3 657	0,35	0,17	0,34	0,96	4 295	0,34	0,14	$0{,}34_6$	0,91	4 934	0,37	$0{,}12_6$	0,42	1,02	5 572	0,36	0,11	0,43	1,01
11	3 000	.	.	.	91	3 787	.	.	25	87	4 575	.	.	31	92	5 399	.	.	.	89	6 150	.	.	.	0,96	6 938	.	.	39	0,95
12	3 707	31	24	22	88	4 658	30	19	24	84	5 610	32	16	20	87	6 563	31	13_7	30	85	7 515	33	12_0	35	90_5	8 468	33	10_7	36	90
13	4 502	30	23	21	85	5 634	29	18	22	81	6 767	31	15_6	27	81	7 900	30	13_4	28	82	9 033	32	11_7	32	86	10 167	32	10_4	33	85
14	5 391	.	.	.	82	6 719	.	.	21_5	78	8 049	.	.	25	81	9 378	.	.	.	79	10 708	.	.	.	83	12 037	.	.	31	82
15	6 379	28	22	18_5	79	7 918	28	17_5	20	76	9 450	29	14_6	23	78	11 001	29	12_4	24	76	12 542	30	11_2	28	79	14 084	30	10_6	28	78
17	8 661	27	21	18_0	76	10 671	27	17_0	19	73	12 683	28	14_3	22	71	14 696	27_7	12_5	23	73	16 708	28_4	10_8	26	75	18 721	28_6	09_7	26	74_5
18	9 964	27	20	17	75	12 237	26_5	16	19_5	72	14 505	27	14_1	21	73	16 776	27_2	12_1	22	71	19 048	28_2	10_2	25	73	21 319	28_0	09_5	25	73
20	12 915	26	19	16	72	15 749	26_0	15_6	17_5	69	18 585	26	13	20	70	21 422	26	11	21	69	24 259	27	10_3	23	70	27 096	27	09_2	23	69_8

$r =$ 11	V	H_r	N_r	Q_r	G_r	V	H_r	N_r	Q_r	G_r	V	H_r	N_r	Q_r	G_r	V	H_r	N_r	Q_r	G_r	V	H_r	N_r	Q_r	G_r	V	H_r	N_r	Q_r	G_r
$d =$ 10	2 381	0,30	0,31	0,31	1,12	3 018	0,35	0,27	0,33	1,04	3 657	0,37	0,22	0,41	1,11	4 295	0,37	0,19	$0{,}41_5$	1,08	4 934	0,39	0,17	0,49	1,16	5 572	0,39	0,15	0,50	1,14
11	3 000	.	.	.	1,07	3 787	.	.	30	1,01	4 575	.	.	37	1,05	5 399	.	.	.	1,02	6 150	.	.	.	1,08	6 938	.	.	45	1,07
12	3 707	33	32	26	1,02	4 658	32	25_6	28	0,96	5 610	34	21	34	0,99	6 563	33	18	34	0,96	7 515	35	16	40	1,01	8 468	35	14_2	40	1,00
13	4 502	32	31	21	0,98	5 634	31	25_0	26	92	6 767	32	20	31	94	7 900	32	17_8	31_9	92	9 033	34	15_8	36	0,96	10 167	33	13_9	37	0,94
14	5 391	.	.	.	94	6 719	.	.	24_5	89	8 049	.	.	.	91	9 378	.	.	.	88	10 708	.	.	.	91	12 037	.	.	34	90
15	6 379	30	29	21	91	7 918	29	23_4	22	86	9 450	30_6	19_8	26	87	11 001	30	17_1	27	85	12 542	31	15_0	30	87	14 084	31	13_3	31	86
17	8 661	29	27_0	19_8	86	10 671	28	22_6	21	82	12 683	29	19_0	24	82_8	14 696	29	16_4	25	80	16 708	30	14_1	28	82	18 721	30	12_9	28	81
18	9 961	28	27_2	19_0	84_5	12 237	27_6	22_2	20	80	14 505	28	18_5	23	80_4	16 776	28	16_1	24	78_4	19 048	29	14_2	26_8	80	21 319	29	12_7	27	79
20	12 915	27	25_6	17	81	15 719	27_1	21	19	77	18 585	27	18_6	21	77	21 422	27	15	22	75	24 259	28	13	24	76	27 096	28	12_3	25	75

$r =$ 12	V	H_r	N_r	Q_r	G_r	V	H_r	N_r	Q_r	G_r	V	H_r	N_r	Q_r	G_r	V	H_r	N_r	Q_r	G_r	V	H_r	N_r	Q_r	G_r	V	H_r	N_r	Q_r	G_r
$d =$ 10	2 381	0,38	0,45	$0{,}37_8$	$1{,}31_8$	3 018	0,37	0,35	0,40	1,23	3 657	0,39	$0{,}29_6$	0,47	1,27	4 295	0,39	0,25	$0{,}48_5$	1,23	4 934	0,41	0,22	0,56	1,30	5 572	0,41	$0{,}19_4$	0,57	1,28
11	3 000	.	.	.	1,25	3,787	.	.	36	1,16	4 575	.	.	42	1,19	5 399	.	.	43	1,16	6 150	.	.	.	1,21	6 938	.	.	50_7	1,20
12	3 707	35	42	30	1,18	4,658	34	33	32	1,10	5 610	36	27_8	38	1,12	6 563	35	23_6	39	1,08	7 515	37	20_8	44	1,12	8 468	37	18_6	45	1,11
13	4 502	33	40	28	1,12	5 634	33	32	29_8	1,05	6 767	34	27_0	34	1,06	7 900	31	23_2	35	$1{,}02_5$	9 033	35	20_2	40	1,06	10 167	35	18_0	40_8	1,04
14	5 391	.	.	.	1,07	6 719	.	.	28	1,01	8 049	.	.	.	1,01	9 378	.	.	.	0,98	10 708	.	.	.	1,01	12 037	.	.	37	0,99
15	6 379	32	38	23	1,03	7,918	31	30	25	0,97	9 450	32	25_6	29	0,97	11 001	32	22	29_5	94	12 542	33	19_4	33	0,96	14 084	33	17_3	34	94
17	8 661	30_4	36	21	0,98	10 674	29_5	29	23	92	12 683	30_7	24_6	26	92	14 696	30	21	27	89	16 708	31	18_7	30	90	18 721	31	16_7	30	88
18	9 964	29_0	35	20	95	12 237	29_7	28	22	90	14 505	30_5	24_7	25	89	16 776	29	20_5	26	86	19 048	30	18_4	28	87	21 319	30	16_5	29	86
20	12 915	28_9	33	18	91	15 740	28	27	20	86	18 085	29	23	22_5	85	21 422	28	20_7	28	82	24 259	29	17_8	26	83	27 096	29	16_0	26_4	81_5

Tabelle 8bβ_2.

Übersichtliche Zusammenstellung der Volumina und der relativen Ballongewichte etc. von **»150 Ballons«.**
Das relative Ballonnutzgewicht ist $R_r = \cdot 1$ **kg** und **1** $N = 20$ **kg** angenommen.

r = 13

	c = 30					c = 40					c = 50				
	V	H_r	N_r	Q_r	G_r	V	H_r	N_r	Q_r	G_r	V	H_r	N_r	Q_r	G_r
d = 10	2381	0,40	0,58	0,44	1,53	3018	0,40	0,45	0,46	1,42	3657	0,42	0,37	0,54	1,44
11	3000	.	.	.	1,44	3787	.	.	41	1,31	4575	.	.	.	1,35
12	3707	37	53	34	1,35	4658	36	43	37	1,26	5610	37	35	43	1,26
13	4502	35	51	31	1,28	5634	35	41	33	1,19	6767	36	34	38	1,19
14	5391	.	.	.	1,22	6719	.	.	30	1,14	8049	.	.	.	1,13
15	6379	33	48	25_5	1,18	7918	32_5	39	27_5	1,10	9459	33_5	32	31	1,08
17	8661	31_5	46	23	1,11	10674	31	37	25	1,03	12683	32	31	28	1,02
18	9961	31	44	22	1,08	12237	30	36	24	1,01	14505	31	30	27	0,99
20	12915	30	42	19	1,02	15749	29	35	21	0,96	18585	30	29	24	0,91

	c = 60					c = 70					c = 80				
	V	H_r	N_r	Q_r	G_r	V	H_r	N_r	Q_r	G_r	V	H_r	N_r	Q_r	G_r
d = 10	4295	0,41	0,32	0,56	1,39	4934	0,43	0,28	0,63	1,46	5572	0,43	0,24	0,64	1,43
11	5399	.	.	.	1,30	6150	.	.	.	1,35	6938	.	.	57	1,32
12	6563	37	30	44	1,21	7515	39	26	49	1,25	8468	38_5	23_6	50	1,22
13	7900	35	29	39	1,11	9033	37	25	44	1,17	10167	37	23	44	1,15
14	9378	.	.	.	1,09	10708	.	.	.	1,11	12037	.	.	40	1,09
15	11001	33	28	32	1,04	12542	34	24	36	1,05	14084	34	22	37	1,03
17	14696	31_7	27	29	0,98	16708	32_4	23_8	32	0,99	18721	32	21_7	33	0,96
18	16776	31_5	26	28	0,95	19048	32_0	23_4	30	0,98	21319	31	21_0	31	0,93
20	21422	29_5	25_8	25	0,90	24259	30_6	22_4	27	0,90	27096	30	20	28	0,88

r = 14

	c = 30					c = 40					c = 50				
	V	H_r	N_r	Q_r	G_r	V	H_r	N_r	Q_r	G_r	V	H_r	N_r	Q_r	G_r
d = 10	2381	0,43	0,72	0,50	1,76	3018	0,42	0,57	0,53	1,62	3657	0,44	0,47	0,61	1,63
11	3000	.	.	.	1,65	3787	.	.	46	1,52	4575	.	.	53	1,51
12	3707	39	67	38	1,55	4658	38	53	41	1,42	5610	39	44	47	1,41
13	4502	37	64	31	1,47	5634	36	51	37	1,35	6767	38	43	42	1,33
14	5391	.	.	.	1,40	6719	.	.	33_5	1,29	8049	.	.	.	1,26
15	6379	35	60	28	1,34	7918	34	49	30	1,23	9459	35	41	34	1,20
17	8661	33	57	25	1,25	10671	32	46	27	1,16	12683	33	39	30	1,13
18	9961	32	56	23	1,22	12237	31	45	25	1,13	14505	32	38	28	1,09
20	12915	31	53	21	1,15	15749	30	43	23	1,07	18585	31	37	25	1,03

	c = 60					c = 70					c = 80				
	V	H_r	N_r	Q_r	G_r	V	H_r	N_r	Q_r	G_r	V	H_r	N_r	Q_r	G_r
d = 10	4295	0,44	0,40	0,62	1,57	4934	0,46	0,35	0,71	1,62	5572	0,45	0,31	0,71	1,58
11	5399	.	.	54	1,46	6150	.	.	.	1,50	6938	.	.	62	1,46
12	6563	39	37	48	1,35	7515	41	33	54	1,38	8468	40	29	55	1,35
13	7900	37	36	43	1,27	9033	39	32	48	1,29	10167	39	28	48	1,26
14	9378	.	.	.	1,21	10708	.	.	.	1,22	12037	.	.	43_5	1,20
15	11001	35	35	35	1,15	12542	36	30_6	39	1,16	14084	36	27_6	39	1,13
17	14696	33	33_8	31	1,08	16708	34	29_8	34	1,08	18721	33_0	26_6	35	1,05
18	16776	32	33_2	29	1,05	19048	33	29_2	32	1,01	21319	33_0	26_2	33	1,02
20	21422	30_6	32	26	0,99	24259	31_6	28	28	0,99	27096	31	25	29	0,96

r = 15

	c = 30					c = 40					c = 50				
	V	H_r	N_r	Q_r	G_r	V	H_r	N_r	Q_r	G_r	V	H_r	N_r	Q_r	G_r
d = 10	2381	0,45	0,89	0,76	2,01	3018	0,44	0,70	0,59	1,84	3657	0,46	0,58	0,68	1,83
11	3000	.	.	.	1,88	3787	.	.	51_6	1,71	4575	.	.	.	1,69
12	3707	41	82	43	1,76	4658	40	65	45	1,61	5610	41	54	51	1,57
13	4502	39	79	38	1,67	5634	38	63	40	1,52	6767	39_5	53	45	1,48
14	5391	.	.	.	1,59	6719	.	.	36	1,45	8049	.	.	.	1,41
15	6379	36	71	30	1,52	7918	36	60	32	1,39	9459	37	50	37	1,34
17	8661	31	70	26	1,42	10671	33_5	57	29	1,30	12683	34_5	48	32	1,25
18	9961	33	67	24	1,38	12237	33_5	56	27	1,27	14505	33_5	47	30	1,21
20	12915	32	65	22	1,30	15749	34_5	53_5	24	1,19	18585	32	45	27	$1,14_5$

	c = 60					c = 70					c = 80				
	V	H_r	N_r	Q_r	G_r	V	H_r	N_r	Q_r	G_r	V	H_r	N_r	Q_r	G_r
d = 10	4295	0,46	0,49	$0,69_5$	1,75	4934	0,48	0,43	0,78	1,80	5572	0,48	0,38	0,79	1,75
11	5399	.	.	60	1,61	6150	.	.	.	1,65	6938	.	.	68	1,60
12	6563	41	46	53	1,51	7515	42_0	40	58	1,52	8468	42	36	59	1,48
13	7900	39	45	47	1,41	9033	40_5	39	52	1,42	10167	40	35	52	1,38
14	9378	.	.	42	1,34	10708	.	.	.	1,35	12037	.	.	47	1,31
15	11001	36	43	38	1,28	12542	37	38	42	1,27	14084	37	33_5	42	1,24
17	14696	34	41_0	33	1,19	16708	35	36_5	36	1,18	18721	35	32_6	37	1,15
18	16776	33	41_5	31	1,16	19048	34	36_5	31	1,14	21319	31	32_2	35	1,11
20	21422	32	39_5	28	1,09	24259	32_5	35	30	1,08	27096	32	31	31	1,04

Tabelle 8 bβ_3.

Übersichtliche Zusammenstellung der Volumina und der relativen Ballongewichte etc. von »150 Ballons«.
Das relative Ballonnutzgewicht ist $R_r = \cdot 1$ **kg** und **1** $N = 20$ **kg** angenommen.

$e =$	30					40					50					60					70					80				
$r =$ 16																														
	V	H_r	N_r	Q_r	G_r	V	H_r	N_r	Q_r	G_r	V	H_r	N_r	Q_r	G_r	V	H_r	N_r	Q_r	G_r	V	H_r	N_r	Q_r	G_r	V	H_r	N_r	Q_r	G_r
d 10	2 381	0,48	1,08	0,63	2,29	3 018	0,47	0,85	0,66	2,08	3 657	0,49	0,70	0,75	2,04	4 295	0,48	0,60	0,76	1,95	4 934	0,50	0,53	0,85	1,98	5 572	0,50	0,46	0,86	1,92
11	3 000	.	.	.	2,13	3 787	.	.	.	1,94	4 575	.	.	61	1,88	5 399	.	.	65	1,79	6 150	.	.	.	1,80	6 938	.	.	.	1,75
12	3 707	43	1,00	47	2,00	4 658	42	79	49	1,81	5 610	43	66	56	1,75	6 563	43	56	57	1,67	7 515	44	49	63	1,67	8 450	44	43	64	1,62
13	4 502	41	0,96	41	1,89	5 634	40	77	44	1,71	6 767	41	61	49	1,65	7 900	41	55	50	1,56	9 033	42	48	56	1,56	10 167	42	42	56	1,51
14	5 391	.	.	.	1,80	6 719	.	.	.	1,62	8 049	.	.	.	1,56	9 378	.	.	45	1,48	10 708	.	.	.	1,48	12 037	.	.	.	1,42
15	6 379	38	90	33	1,72	7 918	37	72	35	1,55	9 459	38	61	39	1,49	11 001	38	52	41	1,41	12 542	39	46	44	1,40	14 084	39	41	45	1,35
17	8 661	36	84	28	1,60	10 671	35	69	30	1,45	12 683	36	58	34	1,39	14 696	35	50	35	1,32	16 708	36	44	38	1,29	18 721	36	39_6	39	1,25
18	9 964	35	83	26	1,55	12 237	34	68	29	1,42	14 505	35	57	32	1,34	16 776	31	49	33	1,27	19 048	35	43	36	1,25	21 319	35	39_0	36	1,21
20	12 915	33	79	23	1,46	15 749	33	65	25	1,33	18 585	33	55	28	1,27	21 422	33	48	29	1,20	24 259	34	42	31	1,18	27 096	33	38	32	1,14
$r =$ 17																														
d 10	2 381	0,50	1,29	0,69	2,59	3 018	0,49	1,02	0,73	2,34	3 657	0,51	0,84	0,82	2,27	4 295	0,51	0,71	0,83	2,16	4 934	0,53	0,63	0,92	2,18	5 572	0,52	0,55	0,93	2,11
11	3 000	.	.	.	2,41	3 787	.	.	.	2,18	4 575	.	.	.	2,09	5 399	.	.	71	1,99	6 150	.	.	.	1,99	6 938	.	.	.	1,93
12	3 707	45	1,19	51	2,26	4 658	44	0,95	54	2,03	5 610	45	79	60	1,95	6 563	45	67	62	1,85	7 515	46	59	68	1,84	8 450	46	52	69	1,78
13	4 502	43	1,15	44	2,13	5 634	42	92	47	1,92	6 767	43	77	53	1,83	7 900	42	66	54	1,73	9 033	44	57	59	1,71	10 167	44	51	60	1,66
14	5 391	.	.	.	2,02	6 719	.	.	.	1,82	8 049	.	.	.	1,74	9 378	.	.	48	1,68	10 708	.	.	.	1,61	12 037	.	.	.	1,56
15	6 379	40	1,08	35	1,94	7 918	39	87	38	1,74	9 459	40	73	42	1,66	11 001	39	63	43	1,56	12 542	40	55	47	1,53	14 084	40	49	48	1,48
17	8 661	37	1,03	30	1,80	10 671	36	83	32	1,63	12 683	37	70	36	1,54	14 696	37	60	37	1,45	16 708	38	53	40	1,42	18 721	38	47	41	1,37
18	9 964	36	1,00	23	1,75	12 237	35	82	30	1,58	14 505	36	69	33	1,49	16 776	36	59	35	1,40	19 048	37	52	37	1,37	21 319	36_7	46	38	1,32
20	12 915	35	0,95	24	1,65	15 749	34	78	26	1,49	18 585	34	66	29	1,40	21 422	34	57	30	1,32	24 259	35	50	33	1,29	27 096	35	45	34	1,24

Tabelle 8bγ_1.

Übersichtliche Zusammenstellung der Volumina und der relativen Ballongewichte etc. von »**150 Ballons**«.
Das relative Ballonnutzgewicht ist $R_r = \cdot 1$ **kg** und $1\, N = 10$ **kg** angenommen.

$e =$	30					40					50					60					70					80				
	V	H_r	N_r	Q_r	G_r	V	H_r	N_r	Q_r	G_r	V	H_r	N_r	Q_r	G_r	V	H_r	N_r	Q_r	G_r	V	H_r	N_r	Q_r	G_r	V	H_r	N_r	Q_r	G_r
$r =$ 10																														
$d = 10$	2380	0,33	0,13	0,25	0,82	3018	0,33	0,10$_1$	0,26	0,79$_5$	3657	0,35	0,08$_9$	0,34	0,87$_8$	4295	0,34	0,07$_3$	0,34$_9$	0,86$_9$	4934	0,69$_5$	0,06$_5$	0,42$_8$	0,96	5572	0,36	0,05$_8$	0,43	0,95
11	3000$_1$	.	.	.	79	3787	.	.	25	77	4575	.	.	31	83	5399	.	.	.	83	6150	.	.	.	89	6938	.	.	39	89
12	3756	31	12	22	76	4658	30	09$_7$	24	71	5610	32	08$_0$	29	79$_5$	6563	31$_8$	06$_9$	30	78$_9$	7515	33	06$_9$	35	84$_5$	8468	33	05$_3$	36	84$_6$
13	4502	30	11$_5$	21	73	5634	29	09$_1$	22$_7$	71	6767	31	07$_8$	27	76	7900	30	06$_7$	28	75	9033	32	05$_9$	32	80$_6$	10167	32	05$_7$	33	80
14	5391	.	.	.	70	6719	.	.	21$_7$	69	8049	.	.	25	73	9378	.	.	.	72	10708	.	.	.	77	12037	.	.	31	76
15	6378	28	11	18$_8$	68$_6$	7918	28	08$_8$	20	67$_3$	9459	29	07$_1$	23$_8$	70	11001	29	06$_4$	24$_6$	70	12542	30	06$_6$	27$_9$	73$_7$	14084	30	05$_8$	28$_4$	73
17	8661	27$_1$	10$_6$	18	66	10674	27	08$_5$	19$_5$	65	12683	28	07$_1$	22	67	14696	27$_7$	06$_1$	23	67	16708	28$_8$	05$_4$	26	70	18721	28$_6$	04$_8$	26$_8$	69$_9$
18	9964	27	10$_2$	17	64	12237	26$_6$	08$_3$	19$_1$	64	14505	27	07$_0$	21$_7$	66	16776	27	06$_0$	22	65$_8$	19048	28	05$_3$	24$_9$	68	21319	28	04$_7$	25$_5$	68
20	12915	26	09	16	62	15749	26	07$_5$	17$_9$	61$_8$	18585	26	06$_7$	20	63	21422	26$_3$	05$_8$	21	63	24259	27	05$_1$	23	65	27096	27	04$_6$	23$_8$	65
$r =$ 11																														
$d = 10$	2380	0,36	0,17$_5$	0,31	0,95	3018	0,35	0,13$_8$	0,33	0,92	3657	0,37	0,11$_4$	0,41	0,99$_8$	4295	0,37	0,09	0,41$_9$	0,98$_6$	4934	0,39	0,08$_6$	0,49$_7$	1,07	5572	0,38$_9$	0,07$_5$	0,50	1,06
11	3000	.	.	.	90	3787	.	.	30	87	4575	.	.	37	94	5399	.	.	.	93	6150	.	.	.	1,00	6938	.	.	45	0,99
12	3756	33	16	26	86	4658	32	12$_8$	28	83	5610	34	10$_7$	34	88	6563	33$_7$	09$_1$	34$_7$	87$_6$	7515	35	08$_0$	40	0,93	8468	35	07$_1$	40$_7$	92$_9$
13	4502	32	15	24$_6$	82	5634	31	12$_5$	26	80	6767	32	10$_4$	31	84	7900	32	08$_9$	31$_6$	83	9033	33$_9$	07$_8$	36	88	10167	33$_7$	06$_9$	37	87$_6$
14	5391	.	.	.	79	6719	.	.	21$_5$	77	8049	.	.	.	80	9378	.	.	.	79	10708	.	.	.	83	12037	.	.	34	83
15	6378	30	11	21	76	7918	29$_7$	11$_5$	22$_8$	74$_4$	9459	30$_8$	09$_8$	26	77	11001	30	08$_5$	27$_2$	76	12542	31$_7$	07$_3$	30	79$_9$	14084	31$_6$	06$_6$	31	79$_6$
17	8661	29	13$_8$	19	72$_6$	10674	28$_4$	11	21$_1$	71	12683	29	09$_5$	24$_4$	73	14696	29	08$_2$	25$_3$	72	16708	30	07$_2$	28	75	18721	29$_6$	06$_4$	28$_6$	74$_9$
18	9964	28$_6$	13$_0$	19$_6$	71	12237	27$_6$	11	20$_7$	69$_7$	14505	28$_6$	09$_4$	23$_1$	71	16776	28$_4$	08$_0$	24$_3$	70$_6$	19048	29$_5$	07$_1$	26$_3$	73	21319	29$_2$	06$_3$	27$_4$	72$_9$
20	12915	27	12	17	68	15749	27	10$_6$	19	66	18585	27$_8$	08$_6$	21$_5$	68	21422	27$_5$	07$_4$	22$_4$	67$_7$	24259	28	06$_9$	24$_5$	69$_8$	27096	28	06$_1$	25	69$_4$
$r =$ 12																														
$d = 10$	2380	0,38	0,22$_5$	0,31	1,09	3018	0,37$_4$	0,17$_0$	0,40	1,05	3657	0,39	0,14$_8$	0,47$_5$	1,12	4295	0,39	0,12$_3$	0,48	1,10$_7$	4934	0,41$_5$	0,11$_2$	0,56$_7$	1,19	5572	0,41	0,09$_7$	0,57$_4$	1,18
11	3000	.	.	.	1,02$_5$	3787	.	.	36	0,99	4575	.	.	42$_6$	1,05	5399	.	.	43$_1$	1,03	6150	.	.	.	1,11	6938	.	.	50$_7$	1,09
12	3756	[illegible]	21$_1$	[illegible]	0,96$_5$	4658	34	16$_8$	32$_7$	94	5610	35$_0$	13$_0$	38$_3$	0,98	6563	35$_0$	11$_9$	39$_3$	0,96$_8$	7515	37	10$_1$	44$_7$	1,02	8468	37	09$_2$	45$_4$	1,01
13	4502	[illegible]	20$_1$	28	92	5634	33	16	29$_8$	89	6767	34$_5$	13$_3$	34$_7$	92$_7$	7900	33$_6$	11$_6$	35$_7$	91	9033	35$_7$	10$_1$	40$_3$	0,96	10167	35	09$_0$	40$_9$	0,95
14	5391	.	.		88	6719	.	.	28	85	8049	.	.	.	88	9378	.	.	.	87	10708	.	.	.	91	12037	.	.	37	90
15	6378	31$_6$	[illegible]	[illegible]	84	7918	31	15$_1$	25$_2$	81$_4$	9459	32$_3$	12$_8$	29$_1$	84	11001	32	11	29$_8$	83	12542	33	09$_7$	33$_5$	86	14084	33	08$_8$	34$_1$	85$_9$
17	8661	[illegible]	18$_1$	[illegible]	80	10674	29	11$_7$	23$_5$	77	12683	30$_7$	12$_1$	27$_4$	79	14696	30$_1$	10$_7$	27$_3$	78	16708	31$_5$	09$_4$	30$_2$	81	18721	31	08$_3$	30$_7$	80
18	9964	29	17	[illegible]	78	12237	29$_2$	14$_1$	22$_1$	76$_6$	14505	30$_1$	12$_1$	25	77	16776	29$_7$	10$_4$	26$_1$	76	19048	30	09$_2$	28$_6$	78	21319	30	08$_2$	29$_1$	78
20	12915	[illegible]	[illegible]	[illegible]	74	15749	28	13$_8$	21	72	18585	29	11$_7$	22$_8$	73	21422	28$_0$	10	23$_8$	72	24259	29$_5$	08$_9$	26$_0$	74	27096	29	08$_0$	26$_6$	73$_9$

Tabelle 8b γ/2.

Übersichtliche Zusammenstellung der Volumina und der relativen Ballongewichte etc. von »150 Ballons«.
Das relative Ballonnutzgewicht ist $R_r = \cdot 1$ kg und $1 N = 10$ kg angenommen.

c =	30					40					50					60					70					80				
	V	H_r	N_r	Q_r	G_r	V	H_r	N_r	Q_r	G_r	V	H_r	N_r	Q_r	G_r	V	H_r	N_r	Q_r	G_r	V	H_r	N_r	Q_r	G_r	V	H_r	N_r	Q_r	G_r
e = 13																														
d = 10	2 380	0,46	0,29	0,41	1,23	3 018	0,40	0,22	0,46	1,19	3 657	0,42	0,18	0,54	1,25	4 295	0,41	0,16	0,55	1,23	4 934	0,43	0,14	0,63	1,31	5 572	0,43	0,12	0,64	1,30
11	3 000	.	.	.	1,16	3 787	.	.	41	1,11	4 575	.	.	.	1,16	5 399	.	.	.	1,14	6 150	.	.	.	1,21	6 938	.	.	57	1,20
12	3 706	37	29	31	1,08	4 658	36	21	36	1,01	5 610	37	17	43	1,08	6 563	37	15	43	1,08	7 515	39	13	49	1,11	8 468	38	11	50	1,10
13	4 502	35	27	31	1,02	5 634	35	20	33	0,99	6 767	36	17	38	1,01	7 900	35	14	39	1,00	9 033	37	12	44	1,04	10 167	37	11	44	1,03
14	5 391	.	.	.	0,98	6 719	.	.	30	91	8 049	.	.	.	0,96	9 378	.	.	.	0,95	10 708	.	.	.	0,98	12 037	.	.	40	0,97
15	6 378	33	21	25	93	7 918	32	19	27	90	9 459	33	16	31	92	11 001	33	14	32	90	12 542	34	12	36	93	14 084	34	11	36	92
17	8 661	34	23	23	88	10 674	31	18	25	85	12 683	32	15	28	86	14 696	31	13	29	84	16 708	32	11	32	87	18 721	32	10	32	86
18	9 964	31	22	22	85	12 237	30	18	21	82	14 505	31	15	26	83	16 776	31	15	27	82	19 048	32	11	30	84	21 319	31	10	31	83
20	12 915	30	21	19	81	15 749	29	17	21	78	18 585	30	14	24	79	21 422	29	12	25	77	24 259	30	11	27	79	27 096	30	10	28	78
e = 14																														
d = 10	2 380	0,43	0,36	0,50	1,33	3 018	0,42	0,28	0,53	1,34	3 657	0,44	0,23	0,61	1,39	4 295	0,44	0,20	0,62	1,30	4 934	0,46	0,17	0,70	1,44	5 572	0,45	0,15	0,71	1,43
11	3 000	.	.	.	1,29	3 787	.	.	46	1,25	4 575	.	.	53	1,28	5 399	.	.	54	1,26	6 150	.	.	.	1,33	6 938	.	.	62	1,31
12	3 706	39	33	38	1,21	4 658	38	26	41	1,16	5 610	39	22	47	1,19	6 563	39	18	48	1,16	7 515	41	16	54	1,21	8 468	40	14	54	1,20
13	4 502	37	32	31	1,11	5 634	36	25	37	1,09	6 767	38	21	42	1,11	7 900	37	18	43	1,09	9 033	39	16	48	1,13	10 167	39	14	48	1,12
14	5 391	.	.	.	1,08	6 719	.	.	33	1,01	8 049	.	.	.	1,06	9 378	.	.	.	1,03	10 708	.	.	.	1,03	12 037	.	.	43	1,05
15	6 378	35	30	28	1,03	7 918	34	24	30	0,99	9 459	35	20	34	1,00	11 001	35	17	35	0,98	12 542	36	15	39	1,00	14 084	36	13	39	0,99
17	8 661	33	28	24	0,97	10 674	32	23	27	92	12 683	33	19	30	0,93	14 696	33	16	31	91	16 708	34	14	34	0,93	18 721	33	13	35	92
18	9 964	32	23	23	94	12 237	31	22	25	90	14 505	32	19	28	90	16 776	32	16	29	88	19 048	33	14	32	90	21 319	33	13	33	89
20	12 915	31	20	21	89	15 749	30	21	22	85	18 585	31	18	25	85	21 422	30	16	26	83	24 259	31	14	28	84	27 096	31	12	29	83
e = 15																														
d = 10	2 380	0,45	0,44	0,56	1,56	3 018	0,44	0,35	0,59	1,49	3 657	0,46	0,29	0,68	1,54	4 295	0,46	0,24	0,69	1,50	4 934	0,48	0,21	0,78	1,58	5 572	0,48	0,19	0,78	1,56
11	3 000	.	.	.	1,45	3 787	.	.	51	1,38	4 575	.	.	.	1,42	5 399	.	.	60	1,38	6 150	.	.	.	1,44	6 938	.	.	68	1,42
12	3 706	41	41	42	1,35	4 658	40	32	45	1,28	5 610	41	27	51	1,30	6 563	41	23	53	1,27	7 515	42	20	58	1,31	8 468	42	18	59	1,30
13	4 502	39	33	38	1,27	5 634	38	31	40	1,20	6 767	39	26	45	1,22	7 900	39	22	47	1,18	9 033	40	19	51	1,22	10 167	40	17	52	1,21
14	5 391	.	.	.	1,20	6 719	.	.	36	1,14	8 049	.	.	.	1,15	9 378	.	.	42	1,12	10 708	.	.	.	1,15	12 037	.	.	47	1,13
15	6 378	36	37	30	1,14	7 918	36	30	32	1,08	9 459	37	25	37	1,09	11 001	36	21	38	1,06	12 542	37	19	41	1,08	14 084	37	16	42	1,07
17	8 661	34	35	26	1,08	10 674	33	28	28	1,01	12 683	34	24	32	1,01	14 696	34	20	33	0,98	16 708	35	18	36	1,00	18 721	35	16	37	0,98
18	9 964	33	34	25	1,03	12 237	33	28	27	0,98	14 505	33	23	30	0,97	16 776	33	20	31	95	19 048	34	18	34	0,96	21 319	34	16	34	95
20	12 915	32	32	22	0,97	15 749	31	26	24	92	18 585	32	22	26	92	21 422	32	19	28	89	24 259	32	17	30	90	27 096	32	15	31	89

Tabelle 8bγ_3.

Übersichtliche Zusammenstellung der Volumina und der relativen Ballongewichte etc. von »**150 Ballons**«.
Das relative Ballonnutzgewicht ist $R_r = \cdot 1$ **kg** und $1 N = 10$ **kg** angenommen.

e =	30					40					50					60					70					80				
c = 16	V	H_r	N_r	Q_r	G_r	V	H_r	N_r	Q_r	G_r	V	H_r	N_r	Q_r	G_r	V	H_r	N_r	Q_r	G_r	V	H_r	N_r	Q_r	G_r	V	H_r	N_r	Q_r	G_r
d = 10	2380	0,48	0,54	0,63	**1,75**	3018	0,47	0,12	0,66	**1,66**	3657	0,49	0,35	0,75	**1,69**	4295	0,48	0,30	76$_8$	**1,65**	4934	0,50	0,26	0,35	**1,72**	5572	0,50	0,23	0,86	**1,69**
11	3000	.	.	.	**1,61**	3787	.	.	.	**1,52$_5$**	4575	.	.	61	**1,53**	5399	.	.	65	**1,50**	6150	.	.	.	**1,56**	6938	.	.	.	**1,53**
12	3706	43	50	46$_5$	**1,50**	4658	42	39$_8$	19$_8$	**1,41$_8$**	5610	43	33	56	**1,42**	6563	43	28	57	**1,39**	7515	44	24$_7$	63	**1,42$_8$**	8468	44	21$_9$	64	**1,40$_9$**
13	4502	41	48	41	**1,40$_8$**	5634	40	38	41	**1,33**	6767	41	32	49	**1,33**	7900	40$_9$	27	50$_9$	**1,29**	9033	42	24	55$_8$	**1,32$_6$**	10167	42	21	56$_6$	**1,30**
14	5391	.	.	.	**1,32**	6719	.	.	.	**1,25$_5$**	8049	.	.	.	**1,25**	9378	.	.	45	**1,21**	10708	.	.	.	**1,23$_5$**	12037	.	.	.	**1,22**
15	6378	38	45	32$_6$	**1,26**	7918	37	36	35	**1,19**	9159	38	30	39$_6$	**1,18**	11001	38	26	40$_9$	**1,15**	12542	39	23	44$_6$	**1,17**	14084	39	20	45$_4$	**1,15**
17	8661	3[illegible]	43	28$_4$	**1,17**	10671	35	34$_8$	30$_7$	**1,10$_8$**	12683	36	29	34	**1,09**	14696	35	25	35	**1,06**	16708	36	22	38	**1,07**	18721	36	19$_8$	39	**1,05$_7$**
18	9964	35	41$_8$	26	**1,13**	12237	34	31	28$_9$	**1,07$_4$**	14505	35	28$_7$	32	**1,08**	16776	34	24$_8$	33	**1,02$_8$**	19048	35	21$_9$	36	**1,03$_7$**	21319	35	19$_5$	36$_8$	**1,01$_8$**
20	12915	33	39$_8$	23	**1,06**	15719	33	32$_6$	25	**1,01**	18585	33	27$_6$	28	**0,99**	21422	33	24	29	**0,96$_5$**	24259	34	21	31$_7$	**0,90$_9$**	27096	33	19$_0$	32$_5$	**0,95$_2$**

c = 17	V	H_r	N_r	Q_r	G_r	V	H_r	N_r	Q_r	G_r	V	H_r	N_r	Q_r	G_r	V	H_r	N_r	Q_r	G_r	V	H_r	N_r	Q_r	G_r	V	H_r	N_r	Q_r	G_r
d = 10	2380	0,70	0,61$_8$	0,69	**1,91**	3018	0,49	0,51	0,72$_5$	**1,83**	3657	0,51	0,42	0,82	**1,85**	4295	0,51	0,35$_9$	0,83$_8$	**1,80$_6$**	4934	0,53	0,31$_8$	0,92	**1,87**	5572	0,52	0,27$_7$	0,93	**1,83$_7$**
11	3000	.	.	.	**1,78**	3787	.	.	.	**1,68**	4575	.	.	.	**1,69**	5399	.	.	71	**1,64**	6150	.	.	.	**1,69**	6938	.	.	.	**1,65**
12	3706	45	59$_6$	51	**1,66**	4658	44	47$_7$	51	**1,56**	5610	45	39$_6$	63$_6$	**1,55**	6563	45	33$_8$	62	**1,51**	7515	46	29$_6$	68	**1,54**	8468	46	26	69	**1,51$_9$**
13	4502	43	57$_6$	41	**1,55**	5634	42	46	47$_6$	**1,46**	6767	43	38	53	**1,45**	7900	42	31	51$_6$	**1,40**	9033	44	28$_9$	59$_6$	**1,42$_9$**	10167	44	25	60	**1,40**
14	5391	.	.	.	**1,46**	6719	.	.	.	**1,38**	8049	.	.	.	**1,36**	9378	.	.	48$_8$	**1,31$_5$**	10708	.	.	.	**1,34**	12037	.	.	.	**1,30**
15	6378	40	54	35	**1,39**	7918	39	43$_8$	38	**1,30$_8$**	9159	40	36$_8$	42	**1,29**	11001	39	31	43$_3$	**1,24$_7$**	12542	40	27$_7$	47$_4$	**1,25$_6$**	14084	40	24$_6$	48	**1,23**
17	8661	37	51	30	**1,29**	10671	35	41$_8$	32$_8$	**1,21**	12683	37	35	36	**1,19**	14696	37	30	37$_6$	**1,15**	16708	38	26$_7$	40$_6$	**1,15**	18721	38	23$_8$	41	**1,18**
18	9964	36	50	28	**1,24$_8$**	12237	35	41	30$_8$	**1,17**	14505	36	34	33$_8$	**1,11$_8$**	16776	36	29$_8$	35	**1,10$_5$**	19018	37	26$_2$	37$_8$	**1,11**	21319	36$_7$	23$_4$	38$_6$	**1,08$_7$**
20	12915	35	47$_8$	24	**1,17**	15719	34	39	26$_8$	**1,10**	18585	34	33	29$_6$	**1,07$_6$**	21422	34	28$_8$	30$_8$	**1,03$_9$**	24259	35	25$_4$	33$_2$	**1,03$_8$**	27096	35	22$_8$	34	**1,01$_7$**

G_r **Tabelle 9b** **»150 Ballons«.**

über die Zunahme der relativen Ballongesamtgewichte bei wachsender Geschwindigkeit. $R_r = 0{,}1$ angenommen.

$1 N = 30$ kg nach den Tabellen $8b\alpha_1 - 8b\alpha_3$.

d =	10						12						15						20					
e und δ	30	δ	50	δ	80	δ	30	δ	50	δ	80	δ	30	δ	50	δ	80	δ	30	δ	50	δ	80	δ
v = 10	1,08	0,22	1,05	0,17	1,06	0,15	1,00	0,18	0,95	0,15	0,95	0,12	0,90	0,15	0,85	0,12	0,83	0,10	0,82	0,11	0,77	0,09	0,74	0,07
11	1,30	24	1,22	20	1,21	16	1,18	21	1,10	16	1,07	13	1,05	17	0,97	13	0,93	10	0,93	15	0,86	11	0,81	09
12	1,54	28	1,42	21	1,37	18	1,39	23	1,26	18	1,20	14	1,22	20	1,10	14	1,03	11	1,08	17	0,97	11	0,90	09
13	1,82	30	1,63	23	1,55	19	1,62	26	1,44	19	1,34	15	1,42	22	1,24	17	1,14	13	1,25	17	1,08	14	0,99	10
14	2,12	33	1,86	26	1,74	20	1,88	29	1,63	22	1,49	17	1,64	25	1,41	18	1,27	14	1,42	21	1,22	15	1,09	11
15	2,45	38	2,12	27	1,94	21	2,17	33	1,85	23	1,66	18	1,89	27	1,59	21	1,41	15	1,63	23	1,37	17	1,20	13
16	2,83	41	2,39	31	2,15	24	2,50	36	1,98	27	1,84	20	2,17	31	1,80	22	1,56	16	1,86	26	1,54	20	1,33	14
17	3,24		2,70		2,39		2,86		2,35		2,04		2,48		2,02		1,72		2,12		1,74		1,47	

$1 N = 20$ kg nach den Tabellen $8b\beta_1 - 8b\beta_3$.

d =	10						12						15						20					
e und δ	30	δ	50	δ	80	δ	30	δ	50	δ	80	δ	30	δ	50	δ	80	δ	30	δ	50	δ	80	δ
v = 10	0,95	0,17	0,96	0,15	1,01	0,13	0,88	0,14	0,87	0,12	0,90	0,10	0,79	0,12	0,78	0,09	0,78	0,08	0,72	0,09	0,70	0,07	0,70	0,05
11	1,12	20	1,11	16	1,14	14	1,02	16	0,99	13	1,00	11	0,91	12	0,87	10	0,86	08	0,81	10	0,77	08	0,75	07
12	1,32	21	1,27	17	1,28	15	1,18	17	1,12	14	1,11	11	1,03	15	0,97	11	0,94	09	0,91	11	0,85	09	0,82	06
13	1,53	23	1,44	19	1,43	15	1,35	20	1,26	15	1,22	13	1,18	16	1,08	12	1,03	10	1,02	13	0,94	09	0,88	08
14	1,76	25	1,63	20	1,58	17	1,55	21	1,41	16	1,35	13	1,34	18	1,20	14	1,13	11	1,15	15	1,03	11	0,96	08
15	2,01	28	1,83	21	1,75	17	1,76	24	1,57	18	1,48	14	1,52	20	1,34	15	1,24	11	1,30	16	1,14	13	1,04	10
16	2,29	30	2,04	23	1,92	19	2,00	26	1,75	20	1,62	16	1,72	22	1,49	17	1,35	13	1,46	19	1,27	13	1,14	10
17	2,59		2,27		2,11		2,26		1,95		1,78		1,94		1,66		1,48		1,65		1,40		1,24	

$1 N = 10$ kg nach den Tabellen $8b\gamma_1 - 8b\gamma_3$.

d =	10						12						15						20					
e und δ	30	δ	50	δ	80	δ	30	δ	50	δ	80	δ	30	δ	50	δ	80	δ	30	δ	50	δ	80	δ
v = 10	0,82	0,13	0,88	0,12	0,95	0,11	0,76	0,10	0,80	0,09	0,85	0,08	0,69	0,07	0,70	0,07	0,73	0,06	0,62	0,06	0,63	0,05	0,65	0,04
11	0,95	14	1,00	12	1,06	12	0,86	11	0,89	09	0,93	08	0,76	08	0,77	07	0,79	07	0,68	06	0,68	05	0,69	04
12	1,09	15	1,12	13	1,18	12	0,97	12	0,98	10	1,01	10	0,84	10	0,84	08	0,86	06	0,74	07	0,73	06	0,73	05
13	1,24	16	1,25	14	1,30	13	1,09	12	1,08	11	1,11	09	0,94	10	0,92	08	0,92	08	0,81	08	0,79	06	0,78	05
14	1,40	17	1,39	15	1,43	13	1,21	14	1,19	11	1,20	10	1,04	11	1,00	09	1,00	07	0,89	08	0,85	07	0,83	05
15	1,57	18	1,54	15	1,56	14	1,35	15	1,30	12	1,30	11	1,15	11	1,09	09	1,07	08	0,97	09	0,92	07	0,89	06
16	1,75	19	1,69	16	1,70	14	1,50	16	1,42	13	1,41	11	1,26	13	1,18	11	1,15	08	1,06	11	0,99	08	0,95	06
17	1,91		1,85		1,84		1,66		1,55		1,52		1,39		1,29		1,23		1,17		1,07		1,01	

δ bedeutet die Zunahme des relativen Ballongesamtgewichtes zwischen zwei um einen Meter von einander verschiedenen Geschwindigkeiten, also das Maß des Wachsens von n zu $n + 1$ Meter Geschwindigkeit.

Kurze Besprechung der Resultate.*)

1) Entsprechend den größeren Annahmen auf Tabelle 2b ergeben auch die relativen Ballontraggerüstegewichte (Q_r) größere Werte. Trotzdem bleibt dem Wesen nach das schon auf Seite 120 gefundene Gesetz unverändert aufrecht.

Das relative Ballontraggerüstegewicht nimmt auch hier ziemlich rasch mit der Zunahme des Durchmessers ab, es wächst dagegen mit zunehmender Geschwindigkeit und verläuft gegen große Durchmesser asymptotisch.

Größeren Rumpflängen entsprechen auch größere relative Ballontraggerüstegewichte (entsprechend der gemachten Annahme, dass $Q = m \cdot e$ sei).

2) Auch bezüglich des relativen Ballonhüllengewichtes ergiebt sich ähnliches, nur ist die Abnahme bei zunehmenden Durchmessern nicht so stark wie bei 1.

3) Das relative Ballonmotorengewicht nimmt ebenfalls bei größeren Durchmessern ab; schwächer bei kleinen, bedeutend stärker bei größeren Geschwindigkeiten. Es nimmt aber mit größeren Geschwindigkeiten im Gegensatz zu 1 und 2 erheblich rasch zu, so dass das relative Ballonmotorengewicht bei großen Geschwindigkeiten eine entscheidende Rolle spielt. Es wächst auch bedeutend mit dem Kleinerwerden der Rumpflänge. Das eingehende Studium der 3. Graphikonreihe auf Tafel III wird besonders empfohlen.

4) Das relative Ballonnutzlastgewicht wächst im kubischen Verhältnis nach Kurven, welche die Tafel II versinnlicht.

5) Das relative Ballongesamtgewicht verläuft ähnlich den anderen relativen Ballongewichten.

Bei 1 $N = 30$ kg und bei $e = 40$ bis $e = 80$ m und bei größeren Durchmessern differieren die einzelnen Werte bei größeren Geschwindigkeiten erheblich voneinander; bei $v = 10$ m ist es bei $d = 10{,}3$ m fast gleich groß, ob $e = 40$ m oder 80 m gewählt wird. Unter den Wert von 1,0 kg geht es nur bei $v = 12$ m herab. Trägt man auf die Abscissenachse die verschiedenen Durchmesser auf (ich that dies von $d = 10$ bis 25 m) und der Reihe nach in fortlaufenden Graphikons die verschiedenen Geschwindigkeiten und auf den Ordinaten die zugehörigen Werte der relativen Ballongesamtgewichte und verbindet diese Punkte durch Kurven, so bemerkt man bei kleinen Geschwindigkeiten die kleinen Rumpflängen zugehörige Kurve näher gegen die Abscissenaxe gelegen, als die der größeren Kurve. Mit der Zunahme der Geschwindigkeit dagegen zeigt diese Kurve die umgekehrte Tendenz.

---

*) S. Tafel III die mit $\times$ bezeichneten Kurven.



Diese Betrachtung führt uns auf das Gesetz:

»Bei kleinen Geschwindigkeiten ist es vorteilhaft kleine Rumpflängen anzuwenden, bei größeren Geschwindigkeiten dagegen Ballons zu bauen, die große Rumpflängen besitzen« (ich lasse hierbei ganz die Größe der zu befördernden Nutzlast außer meinem Kalkül).

Bei $1\ N = 30$, 20 und 10 kg ist überall die gleiche Tendenz bezüglich des relativen Ballongesamtgewichtes vorherrschend. Überall zeigt der Verlauf der überaus charakteristischen Kurven, dass sie sich parabolisch gestalten und bei kleinen Durchmessern große Werte aufweisen. Sie fallen rasch ab und nähern sich sehr wenig gekrümmt der Horizontalen.

Den besten Einblick in die hier herrschenden Verhältnisse gewinnen wir aus der Betrachtung der Graphikons auf Tafel VII. Sie eröffnet uns mit einem Schlage eine weite für die Behandlung dieses Themas vollkommen erschöpfende Übersicht. Deutlicher als alle Worte und Ziffern es könnten, sprechen hier die Kurven zu Gunsten lenkbarer Ballons. Diese stumme und doch so beredte Sprache ruft in allen Tonarten: »Baue große Ballons. Du kannst mit ihnen nicht nur mehr Gewicht befördern, du kannst mit ihnen auch größere Geschwindigkeiten erreichen und diese Geschwindigkeit dem Luftschiff auch eher erteilen als kleinen Ballons und dabei langdauernde Fahrten durchführen«. Wählen wir die 1,1 Linie zum Ausgangspunkte unserer Betrachtungen, d. i. jene Abscisse, welche der Hubkraft des Wasserstoffgases entspricht. Welche Geschwindigkeiten sind erreichbar, ohne diese Leitlinie zu überschreiten?

Bei $1\ N = 30$ kg (in runden Zahlen) ist es bei $d = 10$ m — nach den gemachten Annahmen — nicht möglich, einen praktisch verwertbaren lenkbaren Ballon zu bauen.

Bei $1\ \boldsymbol{N} = \mathbf{20}$ kg kann ein Ballon von $d = 10$ m aber schon eine Geschwindigkeit von 11 und bei $1\ N = 10$ kg schon eine Geschwindigkeit von $12^1/_2$ m (bei $e = 40$) erreichen.

Bei $\boldsymbol{d} = \mathbf{20}$ m ist die erreichbare Geschwindigkeit:

bei	$1\ N = 30$ kg	schon	13 m	(bei $e = 80$ m)
»	$1\ N = 20$ »	»	$15^1/_2$ »	(» $e = 80$ »)
»	$1\ N = 10$ »	»	$18^3/_4$ »	(» $e = 70$ »)

Wählen wir einen Durchmesser von $\boldsymbol{d} = \mathbf{50}$ m (das ist, wie schon erwähnt, Zukunftsmusik und von mir gegenwärtig gar nicht in Aussicht genommen, aber für die Klarlegung der hier herrschenden Verhältnisse gut brauchbar), so finden wir die erreichbare Geschwindigkeit:

bei	$1\ N = 30$ kg	mit	$16^1/_2$ m	(bei $e = 80$ m)
»	$1\ N = 20$ »	»	20 »	(» $e = 80$ »)
»	$1\ N = 10$ »	»	26 »	(» $e = 80$ »).

Schon der Umstand, wonach alle diese Geschwindigkeiten bei $e = 80$ m

ihr Maximum erreichen, zeigt, dass bei größeren Rumpflängen als 80 m noch viel größere Geschwindigkeiten (etwa 30 m und mehr bei einer Rumpflänge von 130 m) zu erreichen wären. Es sind das Geschwindigkeiten von ca. 100—110 km pro Stunde, also Geschwindigkeiten, die jenen unserer gegenwärtigen Expresszüge überlegen sind.[87a])

Trägt man auf einer Abscissenachse die Rumpflängen und auf den Ordinaten, die von den einzelnen Ballondurchmessern erreichbaren möglichen Geschwindigkeiten auf, so erhält man ein gutes Bild über die voraussichtlich erreichbaren Geschwindigkeitszunahmen bei wachsender Rumpflänge und verschiedenen Durchmessern, welche Verhältnisse oben gestreift werden.

Die in Betracht kommenden Kurven geben aber auch ein recht deutliches Bild des Wachstums der Geschwindigkeiten mit zunehmendem Durchmesser.

Trägt man auf einer Abscissenachse in äquivalenten Abständen die Größe der Durchmesser auf und die bei dem gewählten relativen Ballongesamtgewichte mit diesen Ballons erreichbaren Geschwindigkeiten auf den zugehörigen Ordinaten auf, so erhält man für die verschiedenen Rumpflängen die zugehörigen Kurven. Der Charakter dieser Kurven klärt sehr gut über die Art der Zunahme der mit den einzelnen Durchmessern erreichbaren Geschwindigkeiten auf. Wir bemerken ein sehr starkes Ansteigen der Geschwindigkeiten bei wachsenden Durchmessern — etwa von 10—15 m — dann eine weniger schnelle Zunahme bis $d = 20$ m und endlich von $d = 30$ m an eine recht klein werdende. So nimmt z. B. bei $e = 80$ m die Geschwindigkeit eines Ballons von $d = 40$ bis $d = 50$ m nur mehr um etwa $1^1/_3$ m zu, wahrlich kein Vergleich an Gewinn im Verhältnis zu den großen Opfern an Traggas, wenn es nur auf die zu erreichende größere Geschwindigkeit ankommt.

Es würde zu weit führen, auf alle diese Verhältnisse hier noch näher einzugehen; es genügt, an einigen Exempeln das Wechselspiel der Verhältnisse angedeutet zu haben.

Überall werden wir, was ich mit Befriedigung konstatiere, auf die praktische Möglichkeit lenkbare, schnell fahrende und verhältnismässig viele Lasten tragende Ballons zu bauen, verwiesen.

Sechstes Kapitel.

Sphäroidale Ballons. — Berechnung der Oberflächen von sphäroidalen Ballons. — Berechnung der Volumina von sphäroidalen Ballons. — Erläuterung der Tabellen 1c—2c und der Tafel VI. — Tabellen 1c und 2c. — Besprechung der Rechnungsresultate.

Sphäroidale Ballons.

Die von mir bis jetzt in Betracht gezogenen Ballontypen von »125« und von »150 Ballons« besitzen alle einen kegelstutzförmigen Rumpf mit daran gefügten vorderen und hinteren Abschlusskörpern. Diese Ballonformen haben den Vorteil, bei relativ kleiner Ballonoberfläche ein großes Volumen zu fassen. Vielleicht sind sie, in dieser Form direkt angewendet,

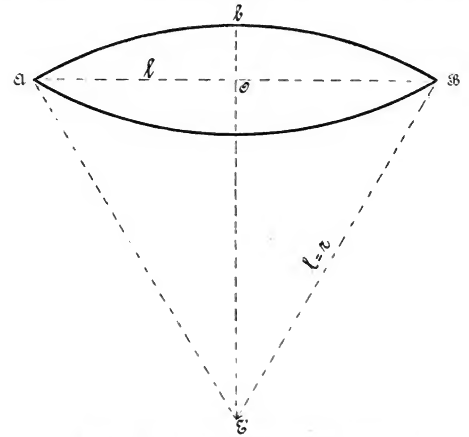


Fig. 52. Type von 19 sphäroidalen Ballons.

für die Durchschneidung der Luft nicht so günstig gebaut, als Ballons von sphäroidaler Form. Jedenfalls waren sie es wert, sich näher mit ihnen zu befassen.

Letztere Ballonhüllen wurden auch für die ersten »lenkbaren Luftballons« durchwegs angewendet. So besaßen Giffard's und Tissandier's Ballons rein sphäroidale Ballonhüllen und Dupuy de Lôme's und Wölfert's diesen sehr nahekommende.

Es war mir von Interesse, zu erfahren, wie sich die relativen Gewichte solcher Ballons überhaupt und speziell im Vergleiche zu den von mir projektierten »125« resp. »150 Ballons« verhalten.

Ich rechnete daher »19 sphäroidale Ballons« in ähnlicher Weise wie früher die »125« resp. »150 Ballons«.[88] Bei allen machte ich den Radius des erzeugenden Kreissektors gleich der Bogensehne. Die Durchmesser steigen von $d = 10{,}7$ bis 40,2 m. Die Geschwindigkeiten nahm ich von 10—17 m wachsend an.

Zur Berechnung dieser sphäroidalen Ballons wurden nachstehende Formeln verwendet, deren Ableitung vielleicht manchem Leser nicht unwillkommen sein dürfte.

Berechnung der Oberfläche eines sphäroidalen Ballons.

Gegeben ist stets $\boldsymbol{l}$, die Länge des Ballons von Spitze zu Spitze gemessen (Fig. 53) und $\boldsymbol{r}$, der Radius des Erzeugungskreissegmentes $\boldsymbol{b}$. Aus Tabellen entnimmt man den Wert[88a])

$$b = 2\,r \arcsin \frac{l}{2r}.$$

Ist S' der Schwerpunkt des Bogens b, so ist dessen Entfernung vom Punkte E',[88b])

$$\overline{E'S'} = \frac{r\,l}{b},$$

und

$$\overline{OS'} = \frac{r\,l}{b} - \sqrt{r^2 - \frac{l^2}{4}}.$$

Nach der Guldin'schen Regel ist die Oberfläche des Rotationskörpers[88c])

$$O = 2\,\pi\,\overline{OS'}.\,b$$

$$\boldsymbol{O = 2\,\pi\,b\left(\frac{r\,l}{b} - \sqrt{r^2 - \frac{l^2}{4}}\right)}.$$

Für den **speziellen Fall**, wo $\boldsymbol{l = r}$ ist, bekommt man[88d])

$$O_1 = \frac{\pi\,r^2}{3}\left(6 - \pi\sqrt{3}\right)$$

$$\boldsymbol{= 0{,}58497\ r^2}$$

und

$$\boldsymbol{\frac{O_1}{2} = 0{,}292485\ r^2},$$

welch' letztere Formel man zur Berechnung der sphäroidalen Ballonspitze öfters braucht.

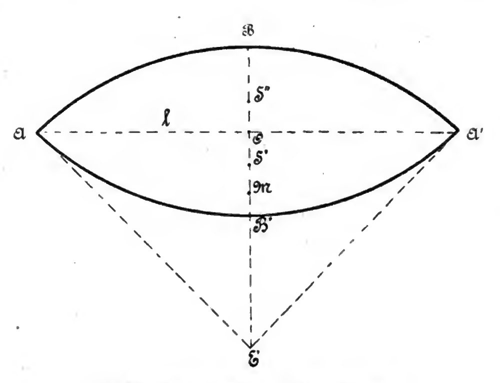


Fig. 53. Berechnung sphäroidaler Ballons.

Berechnung der Volumina eines sphäroidalen Ballons.

(Fig. 53.) Bezeichnet man mit S' den Schwerpunkt des Kreisausschnittes $ABA'E'A$, so ist

$$\overline{E'S'} = \frac{2}{3}\,\frac{rl}{b}.$$

Ist ferner M der Schwerpunkt des Dreiecks $AA'E'$, so ist

$$\overline{E'M} = \frac{2}{3}\sqrt{r^2 - \frac{l^2}{4}}.$$

Bezeichnet endlich S' den Schwerpunkt des Segmentes $ABA'A$, so ist:

$$\overline{E'S'} = \frac{E'S'\,\frac{br}{2} - E'M\,\frac{l}{2}\sqrt{r^2 - \frac{l^2}{4}}}{\frac{br}{2} - \frac{l}{2}\sqrt{r^2 - \frac{l^2}{4}}}$$

$$= \frac{l^3}{6\left(br - l\sqrt{r^2 - \frac{l^2}{4}}\right)},$$

$$\overline{QS'} = \frac{l^3}{6\left(br - l\sqrt{r^2 - \frac{l^2}{4}}\right)} - \sqrt{r^2 - \frac{l^2}{4}}$$

$$= \frac{6lr^2 - 6br\sqrt{r^2 - \frac{l^2}{4}} - \frac{l^3}{2}}{6\left(br - l\sqrt{r^2 - \frac{l^2}{4}}\right)}.$$

Nach der Guldin'schen Regel ist dann:

$$V = 2\pi\,\overline{OS''}\left(\frac{br}{2} - \frac{l}{2}\sqrt{r^2 - \frac{l^2}{4}}\right)$$

$$\boldsymbol{V = \frac{\pi}{6}\left[6lr^2 - 6br\sqrt{r^2 - \frac{l^2}{4}} - \frac{l^3}{2}\right]}.$$

Für den **speziellen Fall** $\boldsymbol{l = r}$ ist:[88 e)]

$$V_1 = \frac{\pi r^3}{12}\left(11 - 2\pi\sqrt{3}\right)$$

$$\boldsymbol{V_1 = 0{,}030688\,r^3}$$

und:

$$\boldsymbol{\frac{V_1}{2} = 0{,}015344\,r^3}.$$

Erläuterung der Tabellen 1c und 2c.

Die **Tabelle 1c** enthält, analog den Tabellen 1a und 1b, eine Zusammenstellung der größten Querschnittsflächen, Oberflächen und Volumina und die zur Vorwärtsbewegung mit $v = 10$ bis 17 m Geschwindigkeit erforderlichen Ballonpferdestärken.

Bei allen Ballons wurde $\boldsymbol{l = r}$ angenommen und nur von ganzen Zahlen für diese Werte ausgegangen. Daher erscheinen die Durchmesser nicht in ganzen Zahlen.

Die **Tabelle 2c** enthält für diese 19 Ballons alles wissenswerte Material in übersichtlicher Zusammenstellung. Man findet die angenommenen Werte des Einheitsgewichtes eines Quadratmeters der Ballonhülle unter $\boldsymbol{h}$ angegeben, ferner die angenommenen Werte des Einheitsgewichtes eines Längsmeters der Traggerüstekonstruktion unter $\boldsymbol{q}$.

Zur besseren Übersicht sind die Oberflächen und Volumina von Ballons von $d = 40$ bis 110 m, d. i. von $d = 10{,}7$ bis 29,4 m in abgerundeten Werten noch einmal hierhergesetzt und dann die Werte:

des relativen Ballonhüllengewichtes (H_r),
» » » Ballonmotorengewichtes (N_r),
» » » Ballontraggerüstegewichtes (Q_r),
» » » Ballongesamtgewichtes (G_r)

in Zahlen eingesetzt.

Die **Tafel VI** (untere Figurenreihe) enthält die graphische Darstellung der Rechnungsresultate der relativen Ballongewichte, welche in der Tabelle 2c eingetragen erscheinen. Auf der Abscissenlinie sind die Radien der Kreissegmente der Erzeugenden und auf der Ordinatenlinie die relativen Ballongewichte eingezeichnet.

In den einzelnen Figuren wurde zuerst das relative Nutzlastgewicht (R_r) mit 0,2 kg angenommen und auf dieser Linie die Werte des relativen Ballonhüllengewichtes (H_r) aufgetragen. Auf dieser Linie wurden dann die Werte des relativen Ballonmotorengewichtes (wobei 1 N mit 30 kg in Rechnung kam) und auf dieser dritten Kurve die Werte des relativen Ballontraggerüstegewichtes aufgetragen. Diese letzte, also die vierte voll ausgezogene Linie, repräsentiert daher den Verlauf des relativen Ballongesamtgewichtes.

Auf dieser Tafel kommen auf jeder Figur auch drei strichpunktierte Linien vor.

Die unterste strichpunktierte Linie entspricht dem relativen Ballonnutzlastgewichte von 0,1 kg.

Die oberste strichpunktierte Linie entspricht dem relativen Ballongesamtgewichte für den Fall, als $R_r = 0{,}1$ und $1\ N = 20$ kg wiegt.

Die mittlere strichpunktierte Linie endlich ist die Kurve für die relativen Ballonpferdestärken bei $1\ N = 20$, wobei $R_r = 0{,}2$ und H_r nach der früheren Annahme entsprechend gewählt wurde. Die Differenz von N_r (bei $1\ N = 30$ kg) und N_r (bei $1\ N = 20$ kg) ist aus der Differenz der zugehörigen Ordinaten ersichtlich. Die acht Graphikons entsprechen den Geschwindigkeiten von 10 bis 17 Meter.[89])

Tabelle 1c.

Zusammenstellung der Oberflächen, Volumina und der zur Vorwärtsbewegung mit $v = 10$ bis $v = 17$ m nötigen Pferdestärken von »**19 sphäroidalen Ballons**« von $l = r$.[90])

$l = r$	.268 l	l^2	O	F	l^3	V	0,266 F	0,355 F	0,461 F	0,586 F	0,731 F	0,90 F	1,092 F	1,31 F
	.	.	Oberfläche qm	Größter Querschnitt	.	Volumen cbm	Anzahl der erforderlichen Ballonpferdestärken bei:							
							$v = 10$	$v = 11$	$v = 12$	$v = 13$	$v = 14$	$v = 15$	$v = 16$	$v = 17$
	d	.	0,585 l^2	0,05641 l^2	.	0,0307 l^3	N							
40	10,7	1600	936	90	64 000	1 964	24	32	41	52	65	81	98	118
45	12,0	2 025	1 184	114	91 125	2 797	30	40	52	66	83	102	124	149
50	13,4	2 500	1 462	141	125 000	3 837	37	50	65	82	103	126	153	184
55	14,7	3 025	1 769	170	166 375	5 107	45	60	78	99	124	153	186	223
60	16,0	3 600	2 106	203	216 000	6 631	54	72	93	118	148	182	221	265
65	17,4	4 225	2 471	238	274 625	8 430	63	84	109	139	174	214	260	312
70	18,7	4 900	2 866	276	343 000	10 530	73	98	127	161	202	248	301	362
75	20,1	5 625	3 290	317	421 875	12 951	84	112	146	185	231	285	346	415
80	21,4	6 400	3 744	361	512 000	15 718	96	128	166	215	263	324	394	472
85	22,7	7 225	4 226	407	614 125	18 853	108	144	187	238	297	366	444	533
90	24,1	8 100	4 738	456	729 000	22 380	121	162	210	266	333	411	498	598
95	25,4	9 025	5 279	509	857 375	26 321	135	180	234	298	372	458	555	666
100	26,8	10 000	5 850	564	1 000 000	30 700	150	200	260	330	412	507	615	738
105	28,1	11 025	5 449	621	1 157 625	35 539	165	220	286	364	454	559	679	814
110	29,4	12 100	7 078	682	1 331 000	40 861	181	242	314	400	498	614	745	894
120	32,1	14 400	8 424	812	1 728 000	53 049	216	288	374	476	593	731	887	1064
130	34,8	16 900	9 886	953	2 197 000	67 447	253	338	439	558	696	857	1041	1248
140	37,5	19 600	11 466	1 105	2 744 000	84 240	294	392	509	647	807	994	1206	1447
150	40,2	22 500	13 162	1 269	3 375 000	103 612	337	450	585	743	927	1142	1385	1662

Tabelle 2c.

Übersichtliche Zusammenstellung der Volumina, spezifischen und relativen Ballongewichte von »19 **sphäroidalen Ballons**« das relative Ballonnutzlastgewicht R_r = **0,20 kg** und **1** N (PS.) = **30 kg** angenommen.

d =	$l = r$	O	V	$O:V$	h	H_r	N_r	q	Q_r	G_r	h	H_r	N_r	q	Q_r	G_r	h	H_r	N_r	q	Q_r	G_r	h	H_r	N_r	q	Q_r	G_r
	r =						10						11						12						13			
10,7	40	936	1960	0,47	0,6	0,28	0,36	20	0,40	1,26	0,65	0,31	0,48	22,5	0,45	1,45	0,70	0,33	0,63	25	0,50	1,67	0,75	0,35	0,80	27,5	0,55	1,92
13,4	50	1460	3830	38	7	26	29	25	32	1,08	75	28	39	27,5	35	1,23	80	30	50	30	39	1,40	85	32	64	32,5	42	1,69
16,0	60	2100	6630	31	8	25	24	30	27	0,97	85	26	32	32,5	29	1,08	90	28	42	35	31	1,22	95	30	53	37,5	33	1,37
18,7	70	2860	10530	27	9	24	21	35	23	88	95	25	27	37,5	21	0,98	1,0	27	36	40	26	1,10	1,05	28	46	42,5	28	1,22
21,4	80	3740	15700	23	1,0	23_5	18	40	20	82	1,05	24_9	24	42,5	21	91	1,1	26	31	45	22	1,00	1,15	27	41	47,5	24	1,12
24,1	90	4730	22380	21	1,1	23_2	16	45	18	77	1,15	24_2	21	47,5	19	85	1,2	25	28	50	20	0,93	1,25	26	35	52,5	21	1,03
26,8	100	5850	30700	19	1,2	22_4	14	50	16	73	1,25	23_7	19	52,5	17	80	1,3	24_7	25	55	17	88	1,35	25_6	32	57,5	18	0,96
29,4	101	7020	40860	17	1,3	22_1	13	55	14	70	1,35	23_3	17	57,5	15	76	1,4	24_2	23	60	16	83	1,45	25_0	29	62,5	16	91

d =	$l = r$	O	V	$O:V$	h	H_r	N_r	q	Q_r	G_r	h	H_r	N_r	q	Q_r	G_r	h	H_r	N_r	q	Q_r	G_r	h	H_r	N_r	q	Q_r	G_r
	r =						14						15						16						17			
10,7	40	936	1960	0,47	0,8	0,38	1,00	30	0,61	2,20	0,85	0,40	1,24	32,5	0,76	2,60	0,90	0,42	1,50	35	0,71	2,84	0,95	0,55	1,80	37,5	0,76	3,22
13,4	50	1460	3830	38	9	31	0,80	35	45	1,81	95	36	0,99	37,5	48	2,04	1,0	38	1,20	40	52	2,30	1,05	40	1,43	42,5	55	2,59
16,0	60	2100	6630	31	1,0	31	67	40	36	1,55	1,05	33	82	42,5	38	1,74	1,1	34	1,00	45	40	1,95	1,15	36	1,24	47,5	42	2,24
18,7	70	2860	10530	27	1,1	29	57	45	29	1,37	1,15	31	70	47,5	31	1,53	1,2	32	0,85	50	33	1,71	1,25	34	1,03	52,5	34	1,92
21,4	80	3740	15700	23	1,2	28	50	50	25	1,24	1,25	29	62	52,5	26	1,38	1,3	30	75	55	27	1,53	1,35	32	0,90	57,5	29	1,71
24,1	90	4730	22380	21	1,3	27	44	55	22	1,14	1,35	28	54	57,5	23	1,26	1,4	29	66	60	24	1,40	1,45	30	80	62,5	25	1,55
26,8	100	5850	30700	19	1,4	26	40	60	19	1,06	1,45	27	49	62,5	20	1,17	1,5	28	60	65	21	1,29	1,55	29	72	67,5	21	1,44
29,4	110	7070	40860	17	1,5	25	36	65	17	1,00	1,55	26	45	67,5	18	1,10	1,6	27	54	70	18	1,21	1,65	28	65	72,5	19	1,38

Besprechung der Rechnungsresultate.

Nach dem Vorausgesandten glaube ich mich kurz halten zu dürfen.

Mich interessierte zunächst die Beantwortung der Frage, welchen Einfluss diese Ballonform auf das relative Ballongesamtgewicht ausübt. Ich kam zu dem nicht unerwarteten Resultate, dass hierbei ganz unverhältnismäßig mehr Ballonhüllengewicht, als bei den früher besprochenen Ballons hochzuheben ist, dass das Volumen mit der Zunahme des Durchmessers nicht so günstig wächst und demnach die relativen Ballongewichte — gleiche Durchmesser vorausgesetzt — bei sphäroidalen Ballons größer sind.

Die Rechnung zeigt aber, dass auch diese Ballons bei größeren Durchmessern ganz gut ausführbar sind.

bei $v =$	10	11	12	13	14 m
ist etwa $d =$	13	16	19	24	27 m
und resultiert ein $V =$	3800	6600	10500	18800	26000 cbm

Sache des Konstrukteurs wird es sein, jene Werte zu wählen, welche ihm am meisten zusagen.

Im Großen und Ganzen gilt das schon bei »125« resp. »150 Ballons« beobachtete Verhalten des Verlaufes der Kurven und speziell der Kurve des relativen Ballongesamtgewichtes. Sehr starkes Ansteigen bei kleinen Durchmessern und relativ schnelles Fallen bei größeren Durchmessern ist auch bei dieser Ballongattung charakteristisch. Je größer die Geschwindigkeit, desto höher der Wert des relativen Ballongesamtgewichtes.

Nimmt man 1,0 kg als jenen Wert an, bei dem der Ballon noch praktisch ausgeführt werden kann, resp. soll,[91]) so findet man bei $1\ N = 30$ kg und $R_r = 0{,}2$ kg, dass man Ballons bauen müsste, von $l = r = 110$ m, also von rund 40000 Kubikmeter. Diese Ballons können sich dann mit 14 Meter per Sekunde in der Luft fortbewegen und dabei eine Nutzlast von 8000 kg oder rund 100 Mann befördern.

Nimmt man $1\ N = 20$ kg und $R_r = 0{,}1$ kg als Ausgangspunkt der Kalkulation an, so ergiebt die Tafel VI (untere Figurenreihe), dass man folgende Ballons bauen könnte:

a. Ballons von $d = 12$ mit $V = 2800$ cbm bei $v = 10$ m
b. » » $d = 13{,}4$ » $V = 3850$ » » $v = 11$ »
c. » » $d = 16$ » $V = 6600$ » » $v = 12$ »
d. » » $d = 18{,}7$ » $V = 10500$ » » $v = 13$ »
e. » » $d = 21{,}4$ » $V = 15700$ » » $v = 14$ »
f. » » $d = 24{,}1$ » $V = 22400$ » » $v = 15$ »
g. » » $d = 28{,}8$ » $V = 30700$ » » $v = 16$ »
h. » » $d = 30$ » $V = 41000$ » » $v = 17$ »

Man hat also eine reiche Auswahl, je nachdem man die Geschwindigkeit oder das Volumen zum Ausgangspunkte seines Kalküls nehmen will. Vergleicht man sphäroidale Ballons mit solchen von »150 Ballons«, und nimmt überall $1\,N = 30$ kg und $R_r = 0{,}2$ kg, so ergiebt das graphische Bild (hier nicht gezeichnet, weil die betreffenden Kurven erst nach Fertigstellung der Figuren in Tafel VI auf das Original aufgetragen wurden), dass $v = 10$ m angenommen, es bezüglich des relativen Ballongesamtgewichtes (auf welches es ja eigentlich ausschließlich ankommt), etwa bei $d = 20$ m ganz gleich ist, ob man sphäroidale oder Ballons nach Type II (»150 Ballons«) verwendet.

Bei kleineren Durchmessern ergeben Ballons nach Type II, bei größeren Durchmessern als etwa 20 m, sphäroidale Ballons, kleinere relative Ballongesamtgewichte.

Dies gilt auch annähernd für Geschwindigkeiten bis zu 12 m. Von 13 m an wird diese Grenze etwas nach links, also gegen kleinere Ballons hin, verschoben.

Vergleicht man Ballons nach Type II mit sphäroidalen Ballons (von $l = r$), bei welchen man überall $1\,N = 20$ kg und $R_r = 0{,}1$ angenommen hat, so ergiebt das graphische Bild, dass sich jetzt der Neutralitätspunkt (das ist jener Punkt, wenn ich ihn so nennen darf, bei welchem beiden Ballonarten dasselbe relative Ballongesamtgewicht zukommt) stark nach rechts verschoben hat. Bei $v = 10$ m und 11 m weisen nämlich jetzt beide Ballons, von einem Durchmesser von ca. 26 m, dasselbe relative Ballongewicht auf. Ballons mit kleinerem Durchmesser haben bei Ballons nach Type II ein niedrigeres relatives Ballongesamtgewicht. Vielleicht werden manche behaupten, dass bei den vorliegenden Annahmen sphäroidale Ballons nicht so gut entsprechen, wie Ballons mit voluminöserem Rumpfe. Ob man trotzdem in Zukunft nicht oft noch zu sphäroidalen Ballons zurückgreifen wird, und ob sie nicht manche Vorteile gegen andere Ballons aufweisen, darüber können nur eingehende Rechnungen, beziehungsweise praktische Erfahrungen entscheiden.

Riesenballons dürften wohl am besten, darauf weisen die graphischen Darstellungen hin, als sphäroidale Ballons ausgeführt werden.

Sehr auffallend ist auch, dass bei kleinen Geschwindigkeiten die Kurve des relativen Ballongewichtes verhältnismäßig flach verläuft; je größer die Geschwindigkeit, desto steiler wird sie, desto mehr drückt sich der überall beobachtete Satz aus, dass große Ballons ungleich mehr Aussicht auf »praktische Lenkbarkeit« haben, als kleine. Ich sage nicht, leichter zu bauen sind als kleine, weil es ja eine bekannte Thatsache ist, dass die Schwierigkeiten der konstruktiven Durchführung auch im kubischen Verhältnisse mit dem gebrauchten Volumen wachsen.

Siebentes Kapitel.

Angriffe gegen den »lenkbaren Ballon«. — Warum gelang die Lösung der Flugfrage bis heute noch nicht? — Über die Permanenz der Form. — Über die longitudinale Stabilität. — Über das Ballontraggerüste. — Über die erforderliche Geschwindigkeit eines »lenkbaren Ballons«. — Über die Luftschiffmotorenfrage. — Über die Schraubenfrage. — Über die innere Einrichtung und Ausgestaltung von »lenkbaren Luftschiffen«. — Über die technologische Frage. — Über das Traggas. — Über die Steuerbarkeit. — Über die Landungsvorrichtungen. — Über Aufbewahrungsorte und Landungsstellen. — Über Kosten und Versuchsfahrten.

Angriffe gegen den lenkbaren Ballon.

Wenden wir unsere Blicke nochmals dem so langsamen Entwicklungsgang lenkbarer Ballons zu, so begreifen wir, warum der Luftballon wenig Anhänger hat. Wieviel versprach man sich von ihm, und wie wenig hat er bis jetzt geleistet! — Zu Ende des 18. Jahrhunderts wollte man ihm mit Segeln und Rudern eine genügende Geschwindigkeit erteilen. Welch' gänzliches Verkennen der hierbei auftretenden Kräfte! Meusnier wollte ihn 1784 mit Menschenkräften bewegen und erst seit dem Jahre 1873, nach Dupuy de Lôme's misslungenem Versuche, ist man sich ganz klar darüber, dass dies ein Fehlgriff sei. Erst im Jahre 1852 verwendete Giffard als erster einen kräftig wirkenden Motor, aber die damalige Maschinenindustrie, ich möchte sagen, noch in den Kinderschuhen steckend, konnte nicht genug Energie bei relativ kleinem Gewichte liefern und der Versuch misslang. Haenlein ging es nicht viel besser, obwohl er den rein aërostatischen Teil des Ballons schon recht hübsch ausgestattet hatte. Erst im Jahre 1884 gelang es Renard-Krebs eine Geschwindigkeit zu erzielen, die bis heute nur sehr wenig übertroffen ist.

Der Ballonbau, die Architektur des Ballons, ist von niemandem so sehr gefördert worden als von Renard. Zeppelin's Ballon wandelte eigene Bahnen und bestätigte die schon von Renard bewiesene Möglichkeit der Lenkbarmachung des Ballons auf's neue. Unstreitig verdanken wir Zeppelin neue Einblicke in das besprochene Gebiet und erhielten durch den Gerüstbau seines Ballons manche wertvolle Anregung. Santos-Dumont endlich, mit beispielloser Kühnheit manöverierend und mit einer erstaunlichen Ausdauer und Konsequenz ausgestattet, weckte das Interesse an dieser Frage in größeren Kreisen.

Es ist gerade jetzt an der Zeit, die Gegner lenkbarer Ballons aufzusuchen und ihre Argumente zu entkräften.

Hören wir also, was sie sagen.

Einer von ihnen, an der Spitze eines aëronautischen Etablissements stehend, schreibt in der »Neuen Freien Presse« unter dem Titel »Versuche mit lenkbaren Luftschiffen 1900« wörtlich folgendes:[91a])

»Der 128 Meter lange, 13 Meter hohe Ballon wurde aus der Halle gezogen und dem Luftozean anvertraut, mächtig drehten sich Schrauben und Steuerflügel, und wir müssen gestehen, der Ballon ist faktisch dem Ansturm der Luftwogen nicht Herr geworden, sondern bei allen Versuchen vom Winde abgetrieben worden. Wo da der Fehler steckte, ist leicht zu beantworten. In der Konstruktion ist keine Ungehörigkeit zu finden, alles, Motor, Flügel und Steuer funktionierten tadellos und sicher. Aber wie sollte man einen so mächtigen Koloss gegen das Drängen des ungestümen Luftozeans halten können oder gar den Kampf mit diesem aufnehmen lassen?

»Das ist eine physikalische Utopie. Zu gewaltig und gebieterisch sind die Gesetze des Luftwiderstandes. Der Ballon müsste ein kleineres Volumen haben; dann müssten aber auch der Motor kleiner werden und die Schraube. Aber der Effekt würde dann zurückbleiben und die Geschwindigkeit zurückstehen hinter der gestellten Bedingung. Eines bedingt hier das Andere.

»Die Zeppelin'schen Versuche waren höchst interessant und höchst wichtig; sie haben aber zweifellos den unumstößlichen Beweis erbracht, dass sich ein Ballon nie praktisch verwertbar lenken lassen wird.«

Ein anderer — »ein praktischer Ballonführer« — schreibt:[92])

»Dazu (bei 15—20 Meter Geschwindigkeit) wäre ja bei der größeren Fläche, welche der Ballon in jeder Form bietet, zur Ueberwindung des Luftwiderstandes, der sich bei der erforderlichen Schnelligkeit der Bewegung ins Kolossale potenziert, eine enorme treibende Kraft nötig. Diese ihrerseits erfordert wieder Mechanismen und Motoren, welche unter allen Umständen mehr Gewicht haben, als der gegebene Ballon zu tragen imstande wäre. Die Vergrößerung des Ballons hälfe aber nichts, da dann die Widerstandsflächen abermals größer würden.«

Ein Dritter — ein Theoretiker — schreibt:[93])

»Trotz allen Scharfsinnes und der Geldsummen, die für die Bauart und Herstellung solcher Spitzballons aufgewendet werden, muss es leider voraussichtlich stets ein fruchtloses Beginnen bleiben, mit den schwächlichen Riesenleibern dieser Ungetüme gegen schärfere Winde siegreich ankämpfen zu wollen.

»Wie man die Sache auch anfassen möge, immer stößt man auf das Missverhältnis zwischen den übermäßig hoch anwachsenden, die Festigkeit nicht erhöhenden Dimensionen des Ballonkörpers und einer immer noch viel zu kleinen Arbeitskraft des mitgenommenen Motors.«

Es würde mir nicht schwer fallen, die Zahl der ballongegnerischen

Aussprüche noch erheblich zu vermehren. Es genügen diese wenigen, die typisch für alle anderen sind.

Den sogenannten »praktischen Luftschiffern« verarge ich ihr abfälliges Urteil nicht, diese sind nur unvorsichtig, wenn sie sich in einer rein technischen Frage mit einer Meinung in die Öffentlichkeit wagen, die ganz zu erfassen man eben Maschinentechniker, Physiker, Meteorologe und praktischer Ballonfahrer in einer Person sein muss und welche nicht nach dem Gefühl, sondern nach den Regeln der Wissenschaft beurteilt werden müssen. Auch Gelehrte können sich irren; wir sehen das in diesem Fache an einem Helmholtz, welcher zu einer Zeit dem Ballon eine trübe Zukunft an Hand rechnungsmäßiger Darstellungen voraussagte, wo er noch nicht ahnen konnte, welch' ungeheuere Fortschritte die Motorenindustrie machen werde. Dass sich aber ein Professor des Maschinenbaues finden werde, der diesen Fortschritt miterlebt und zum Rufer in der Wüste hergiebt, um mit seiner Stimme der Mitwelt zu verkünden:

»Der Ballon wird **nie** eine Geschwindigkeit von 12 Meter per Sekunde erreichen«, das muss Wunder nehmen. Noch mehr muss dies befremden, wenn man seine Ausführungen verfolgt, die er in einem Vortrage im Wiener flugtechnischen Verein machte.[94])

Dort sagte er ungefähr folgendes: Bei den lenkbaren Ballons wendete man in der Folge stets kräftigere Effekte an, Dumont habe schon drei Pferdestärken auf einen Quadratmeter Querschnittsfläche wirken lassen, es sei bei der Kleinheit des Ballons und bei dem Umstande, dass die erreichte Schnelligkeit mit dem Kubus der Leistung zu erkaufen ist, nicht abzusehen, wie aus diesem Dilemma herauszukommen sei.

Eine Vergrößerung der Antriebsarbeit bedinge eine Vergrößerung des Volumens, diese eine Vergrößerung der Querschnittsfläche u. s. f. Man bewege sich da in einen circulus vitiosus und das Ende davon sei die Erkenntnis, dass es nie gelingen werde, einem Ballon eine Geschwindigkeit von auch nur 12 Meter per Sekunde zu geben! —

Es ist nicht schwer einzusehen, dass der Querschnitt eines Ballons nicht genügt, um zum Ausgangspunkte einer allgemeinen Kritik genommen zu werden.

Bei Beurteilung dieser Frage ist auch nicht das absolute, sondern allein das relative Ballonmotorengewicht ausschlaggebend.

Daher muss als Maßstab für die hier auftretenden Verhältnisse das Volumen des Ballons genommen werden. Mit Hilfe des Volumens kommen wir zu dem Begriffe des relativen Ballongewichtes und dies allein kann als Basis für große Ausblicke in dieser Frage genommen werden. Jetzt kommen wir aber zu ganz anderen Resultaten.

Die Erfahrung lehrt, dass man stets zu kleine Ballons verwendete, weil man von der unrichtigen Auffassung ausging, dass große Ballons relativ mehr Effekt benötigen, als kleine, was eben falsch ist. Durch die Aufstellung der Begriffe der relativen Ballongewichte, welche unsern Blick in dieser Hinsicht erweitern, hoffe ich für alle Zukunft hierin einen Wandel



der Anschauungen geschaffen zu haben. Aus der Wahl der zu kleinen Volumina und Pferdestärken sind naturgemäß auch die kleinen bis nun erreichten Eigengeschwindigkeiten der Ballons zu erklären.

Einen weiteren Einwurf macht der Verfasser der Broschüre über »die Unmöglichkeit der Lenkbarmachung des Ballons«. Er sagt auf Seite 6 folgendes:

> »Selbst wenn es aber gelänge, einen Motor und einen Mechanismus zu erfinden, der imstande wäre, den Ballon mit der erforderlichen Schnelligkeit gegen die Luft zu treiben, das Endresultat wäre erst keine Fortbewegung in gewünschter Weise, vielmehr ginge dann der Ballon in Fetzen, denn Gashülle, wie Tauwerk etc. der heutigen Ballons sind in ihrer Stärke ja fast durchaus nur auf die einfache Schwebearbeit, nicht auf die Überwindung kolossalen Luftwiderstandes berechnet. Und darin liegt der Hauptfehler so vieler Theoretiker: sie nehmen die Gewichtsverhältnisse des gewöhnlichen Ballons als Basis für ihre Berechnungen und muten diesem überaus leichten und luftigen Apparate zu, eine Arbeit zu thun, für welche die Gashülle aus Eisenblech nicht fest genug wäre!«

Dass dem nicht so ist, beweist die nackte Thatsache, dass der Parseval-Sigsfeld'sche Drachenballon bei Windgeschwindigkeiten die weit größer sind, als jene Balloneigengeschwindigkeiten, welche vorerst von den Erbauern lenkbarer Luftschiffe angestrebt werden,[91a]) thatsächlich auffährt und dem Winde widersteht, ohne »in Fetzen zerrissen zu werden«. Wenn nun aber ein Ballon solchen Windgeschwindigkeiten siegreich widersteht, so wird das Material mindestens ebenso beansprucht, als wenn er mit derselben Geschwindigkeit sich im Luftozean fortbewegen würde und kann daher auch diesen widerstehen. Man sieht also, wie alle diese Anwürfe gegen den lenkbaren Ballon bei näherer Beleuchtung in Nichts zerfließen.

Warum gelang die Lösung der Flugfrage bis heute noch nicht?

Das vorliegende Studienmaterial hat unsern Blick erweitert und gestattet die bisher gebauten lenkbaren Luftballons fachmännisch zu beurteilen.

Wenn man die Gründe untersucht, warum die bis heute erbauten lenkbaren Ballons fast ausnahmslos nicht die Hoffnungen ihrer Konstrukteure erfüllten, so wird man deren mehr als einen finden. Man ist vor allem mit unzulänglichen Mitteln ans Werk gegangen — man machte einen Versuch — mit wenigen Ausnahmen (Renard, Zeppelin, Santos-Dumont) nur einen halben zweiten und unterließ die Fortsetzung der weiteren Versuche meist aus Mangel an Geld.

Es liegt mir fern, deshalb die verdienstvollen Pioniere lenkbarer Luftschiffe zu beschuldigen, ich anerkenne im Gegenteil rückhaltslos ihre

großen Verdienste um die Luftschiffahrt voll und ganz. Trotzdem muss ich die Thatsache konstatieren, dass meiner Meinung nach erstens viel zu wenig Versuche auf dem besprochenen Gebiete vorliegen und sie zweitens fast durchwegs viel zu wenig systematisch durchgeführt worden sind. So machten Giffard 1852 und 1855, Dupuy de Lôme 1872, Haenlein 1872 und der Schwarz'sche Ballon 1897 stets nur je eine Auffahrt![95])

Giffard, Wölfert, Renard-Krebs und Santos-Dumont bauten mehr als einen Ballon und Zeppelin rekonstruierte den seinen. Aber von diesen Ballonkonstrukteuren konnte Wölfert wegen Mangel an Geld nicht das von ihm als das Beste anerkannte konsequent weiter verfolgen. Giffard kam zu dem ganz richtigen Schlusse, dass die damalige Motorenindustrie noch nicht so weit vorgeschritten war, um sie erfolgreich für Luftschiffahrtszwecke auszunützen und projektierte so monströse Ballons, welche den Keim des wenigstens damals Undurchführbaren in sich bargen. Haenlein litt unter den Folgen des Wiener Krachs; er kam leider nicht zu einem freien Aufstieg, sondern musste sich begnügen, seinen Ballon von Leuten an Stricken gehalten durch die Schraube vorwärts getrieben zu sehen. Auch waren die Explosionsmotoren damals noch zu wenig ausgebildet. Renard und Krebs waren die ersten, welche sich in der glücklichen Lage befanden, wissenschaftlich und fachtechnisch richtig zu operieren. Diese beiden Konstrukteure, Zeppelin und vor allem Santos Dumont konnten ihre Ballons rekonstruieren und dann wieder erneuerte Versuche anstellen. Jedesmal sah man auch deutlich den guten Erfolg dieses Vorgehens. Die rekonstruierten Ballons entsprachen immer viel besser als ihre Vorgänger.

Was in Meudon vorging, ist mir allerdings nicht bekannt; aber ich glaube auch dort ist der größte Feind des aviatischen Fortschrittes in dem Mangel an Finanzen zu suchen. Und Geld muss, soll in der Frage der lenkbaren Luftschiffahrt Bahnbrechendes geleistet werden, in reichlichem Maße für Versuche und für Experimente zur Verfügung stehen.

Einzig richtig verfuhr Santos Dumont. Er baute erst kleine Ballons und verbesserte jeden neuen, ihn immer größer gestaltend, bis er bei einer Type anlangte, welche ihm den Deutschpreis brachte. Damit will ich nicht behaupten, dass ich dieses Luftschiff für vollendet halte — o nein — aber es ist ein Glied in einer Kette, die mir wohl gefällt, die weitergesponnen, noch sehr hübsche Resultate erzielen kann und die gewiss weitere Anregung zur eifrigen Förderung der Sache der Luftschiffahrt giebt. Dieses Vorgehen bedingt aber viel Geld. Es ist kein Zufall, dass ein Millionär den Deutschpreis gewonnen hat, sondern in der Natur der Sache wohl begründet. Was nützte Dumont all' seine Energie, sein Wagmut, sein zielbewusstes Streben ohne Geld! Wir sehen also:

Die Lösung des Problems muss von zwei Seiten mit Energie in die Hände genommen werden. Erstens von technischer, zweitens von finanzieller Seite. Beide, der Techniker **und** der Finanzmann, müssen Hand in Hand miteinander operieren, soll das erste wirklich brauchbare



Luftschiff entstehen. Energievolle Männer werden als Lohn für ihre Bemühungen reiche Ernte einheimsen.

Die weiteren Gründe, warum es bis jetzt noch nicht möglich war, praktisch gut verwendbare lenkbare Ballons zu bauen, sind darin zu suchen, dass sowohl die Motorenindustrie, als auch die sonst einschlägigen, technischen Hilfsmittel, vor allem die mechanische Technologie noch nicht auf jener Stufe der Entwicklung angelangt waren, welche sie befähigten, den von Seite der Aëronautik an sie gestellten Anforderungen zu entsprechen.

Erst seit sehr kurzer Zeit, das ist seit 1 bis 2 Jahren, hat sich hier, wie wir weiter unten bemerken werden, ein erfreulicher Umschwung vollzogen.

So sehen wir bis vor kurzem die Motoren zu schwer, die Hüllen noch nicht gasdicht genug. Die Frage der Erzeugung des Wasserstoffes auf billige und schnelle Art ist auch noch zu lösen.[95a])

Alles hat seine Zeit — die des lenkbaren Ballons bricht eben an.

Mit dem Mangel an Erfahrungen war man in weiterer Folge sich noch über viele wichtige Punkte sehr im Unklaren, so z. B. über die Versteifung der Hülle, über die Art der Anbringung und Zahl der Schrauben, des Ballontraggerüstes etc. etc. Ja, es sind die Meinungen hierüber heute noch viel zu wenig geklärt.

Aus dem Studium aller dieser Punkte ergiebt sich zur Genüge, dass die Ballonluftschiffahrt bis jetzt noch auf keiner anderen Stufe stehen kann, als auf der Stufe, auf welcher sie sich eben befindet.

Sie darum anzufeinden und zu sagen, dass nie etwas aus ihr werden wird, wäre thöricht und zeigt nur, dass solchen Personen der Einblick in die hier herrschenden Verhältnisse mangelt.

Alles wissen, heißt alles begreifen.

Über die Permanenz der Form.

Wenn der Ballon mit einer Geschwindigkeit von 12, 15 und mehr Meter per Sekunde die Luft durcheilen soll, so leistet er dabei eine große Arbeit. Diese Arbeit ergiebt sich durch die Überwindung des Luftwiderstandes.

Je glatter die Oberfläche der Hülle ist, je weniger Dallen sie aufweist, desto weniger Luftwiderstandsarbeit bei gleicher Querschnittsfläche ist zu überwinden.

Daraus folgt der Satz, dass die Hüllen solcher Ballons ganz straff gespannt sein müssen und diese Form während der ganzen Dauer der Fahrt, und auch nach der Landung beibehalten müssen.

Nun wissen wir, dass das Gas infolge der mangelhaften Hülle mehr oder weniger diffundiert. Dies hat ein Zusammenschrumpfen der Hülle

zur Folge und damit geht die Permanenz der Form unwiederbringlich zugrunde, falls nicht Mittel zu ihrer Erhaltung angewendet werden.

Das Älteste und noch immer Beste besteht in der Anwendung eines Ballonets, das ist eines kleinen Innenballons, der mit einem Ventilator oder durch den natürlichen Luftzug mit Luft in dem Maße aufgeblasen wird, als Gas entweicht.

Dieses Ballonet kann im Innern großer Ballons (die ältere Form, schon von Meusnier anempfohlen) oder außen angebracht sein.

Das Aufblasen von Luft kann automatisch oder mit einem Ventilator mit Hand, oder mit Maschinenbetrieb geschehen. Die Form des Ballonets kann länglich oder rund sein. Dumont hat vorne und rückwärts je ein Ballonet angebracht, und kann durch abwechselnde Füllung derselben den Schwerpunkt etwas verlegen, dementsprechend auch die Achse etwas schief stellen.

Eine ganz neuartige Anwendungsweise des Ballonets wurde von Sigsfeld-Parseval in Ausführung gebracht. Die Parseval-Sigsfeld'schen Drachenballons von Riedinger in Augsburg gebaut, erhalten ihre Versteifung nur durch eine, mit verschiedenen Ventilen ausgestattete, ihre Spannung automatisch regulierende, äußere Luftblase.

(Siehe darüber Z. f L. XV. Jahrgang 1896. Separatbeilage p. 7—11.)

Bei den Versuchen hat sich gezeigt, dass die Ballons Neigung haben, sich mit dem Rücken nach oben durchzuwölben, gewissermaßen einen Katzenbuckel zu machen.

Da bei solchen Bewegungen die Oberseite des Ballons bedeutend größeren Zugbeanspruchungen in der Längsrichtung unterworfen ist, wurde sie durch ein, längs dem Rücken laufendes, kräftiges Zugorgan verstärkt.

Gleichwohl würde bei starkem Winde die Steifheit des Ballons kaum ausreichen, wenn sie lediglich durch die statischen Drucke bedingt wäre. Auch ist der statische Druck allein nicht ausreichend, um das Entstehen von Winddallen am Vorderteil des Ballons zu verhindern; deshalb ist die Kraft des Windes benutzt, um den inneren Druck des Ballons noch besonders zu steigern.

Zu diesem Zweck ist am Bauche des Ballons ein trichterförmiger, senkrecht zum Wind stehender Windfang angebracht, welcher die Luft durch eine große Öffnung in das Innere des Ballons leitet.

In dem Windfange staut sich der Wind und bringt einen Druck hervor. welcher auf das Innere des Ballons übertragen wird. Dieser Druck ist jenem gleich, welcher durch den Stoß des Windes gegen den Kopf des Ballons erzeugt wird. Da hierzu im Innern des Ballons noch der statische Druck kommt, welcher am Kopfe unter normalen Verhältnissen 7—10 mm Wasser beträgt, so wird eine Einbeulung der Stirnfläche des Ballons durch den Wind jederzeit verhindert.

Würde jedoch der Wind direkt in den gasgefüllten Raum einströmen, so wären starke Gasverluste und ein baldiger Verderb des Ballongases unvermeidlich; man lässt deshalb den Wind nicht in den Ballon selbst, sondern in ein entsprechend geräumiges Ballonet blasen. Hier bleibt die



Luft durch eine faltige, leichte und gasdichte Stoffwand vom Ballongas getrennt, welche wohl die Übertragung des Druckes gestattet, die Mischung der Gase aber verhindert. Diese Art von Ballonet wurde bis jetzt nur bei Fesselballons angewendet, es erscheint aber nicht ausgeschlossen, sie auch bei freien, lenkbaren Ballons anzuwenden.

Der Parseval-Sigsfeld'sche Ballon widerstand schon wiederholt Windgeschwindigkeiten von mehr als 20 Meter.

Es sind dies Geschwindigkeiten, die zum Beispiel auf dem hochgelegenen Observatorium der Hohen Warte in Wien nur, wie die Tabelle γ nachweist, in 0,4—1,5 % Stunden im Jahre vorkamen.

Eine andere Art, die Permanenz der Form zu erhalten, besteht in der Anbringung eines eigens dazu konstruierten Schildes, wie ein solches z. B. schon von Pétin vorgeschlagen wurde. (Siehe Seite 237 des Anhanges, Figur 62.) Dieses Ballonschild macht aber das Ballonet nicht überflüssig. Oft wird auch der Äquator des Ballons durch eine eingenähte Stange versteift, so zum Beispiel bei Dupuy de Lôme, Dumont etc., was sehr anzuempfehlen ist, auch weil sie zu gleicher Zeit als Mittel zur Befestigung des Traggerüstes dienen kann.

Auf der so häufig konstatierten mangelhaften Permanenz der Form basieren viele Angriffe gegen den lenkbaren Ballon.

Sicher ist, dass bei den vor 1884 gebauten Ballons die Hülle zu wenig widerstandsfähig war. Renard und Krebs machten in dieser Beziehung den Anfang zu einer Verbesserung. Bei Schwarz und Zeppelin sehen wir eine weitere Vervollkommnung, aber die früheren Ballonkonstrukteure verließen sich fast alle nur auf die Wirkung des Ballonets und bedachten nicht, dass eine steife Spitze eines der Hauptprfordernisse eines lenkbaren Ballons bilden müsse. Sie ist es, welche die Größe des Reduktionskoefficienten entscheidend beeinflusst.

An der Spitze konzentriert sich der gesamte Luftwiderstand, hier ist der Ort, wo einem ruhigen Abfließen der Luft alle Wege geebnet werden müssen.

Diese Spitze muß daher fest sein, dabei aber auch eine gewisse Elastizität besitzen, wie alle Gebilde, mit welchen die natürlichen Flügel die Luft durchschneiden.

Eine ganz starre Hülle, etwa aus Aluminium gefertigt, wie sie zum Beispiel Zeppelin besaß, hat, was die Permanenz der Form betrifft, unstreitig viele Vorteile, aber sie hat nach anderer Richtung hin so große Nachteile, dass ich unmöglich für sie eintreten kann. Die Landung des Schwarz'schen Luftschiffes hat gezeigt, welcher Zukunft das Zeppelin'sche entgegenginge, falls es nicht radikal umgeändert würde und auf festem Boden bei Wind landen müsste.

Sehr fördernd für die Permanenz der Form ist auch ein langes Ballontraggerüste, wie Renard und Dumont solche verwendeten. An einer langen Ballongondel lässt sich die Hülle viel leichter gesichert anbringen, als an einem kleinen Ballonkorb.

Über die longitudinale Stabilität.

Fährt man mit einem Schiffe auf bewegter See, so schwingt der balkenartige Schiffskörper nach allen Seiten hin und her; diese Schiffsschwingungen wurden im zweiten Bande des »Jahrbuches der schiffbautechnischen Gesellschaft« von Gümbel und von Berling in zwei sehr interessanten Abhandlungen des näheren erörtert. Einsicht in dieses höchst verwickelte Gebiet verdanken wir den Arbeiten von Helmholtz, Yarrow, Taylor, Rayleigh, Normand, Schlick, Pollard und Dudebont.[96])

Der lenkbare Ballon bewegt sich im Gegensatze zu Wasserschiffen nur in einem Medium, der Luft, fort. Auf ihn wirken als Kräfte ein: die Schwerkraft, die Hubkraft des Traggases, der Luftwiderstand und die Reaktionswirkung der Propeller.

Die Schwerkraft, aus dem Gewichte des Ballons resultierend, wirkt der Hubkraft, welche ihr Entstehen der Wirkung des Traggases und eventuell der Wirkung der Hubpropeller verdankt, entgegen. Die Schwerkraft greift im Schwerpunkte an, die Hubkraft an irgend einem oder mehreren anderen Punkten. Wir haben es hier also mit Kräftepaaren zu thun. Der Luftwiderstand greift im allgemeinen vorne an, die Reaktionswirkung der Propeller setzt in der Richtung der Achsen ein, es kommen auch hier Kräftepaare und zwar oft ein System von Kräftepaaren zur Wirkung, welche, alle zusammengenommen, das Luftschiff einmal nach der, das anderemal nach einer andern Richtung hin zu bewegen trachten. Die endgiltige Bahn des Luftschiffes stellt sich also als ein Kompromiss dar.

Das nähere Eingehen auf diese Verhältnisse würde den Rahmen dieses Buches weit überschreiten, weshalb ich es mir genügen lassen muss, hier in ganz allgemeiner Form nur die zur Wirkung gelangenden Kräfte und Verhältnisse kurz zu skizzieren.

Jedes lenkbare Luftschiff können wir uns als einen schwingenden Stab vorstellen. Wie immer die Schwingungen des Stabes beschaffen sein mögen, stets müssen sich am Angriffspunkte der Kraft $m w^2 r$ die folgenden Kräfte das Gleichgewicht halten:[97])

a. Die Kraft $m w^2 r$.

b. Die Summe der Trägheitskräfte des schwingenden Stabes.

c. Die Reaktion der Dämpfung.

Die Dämpfung (entsprungen aus Dämpfungskräften, das sind innere Kräfte) ist gegen die Schwingungen um 90° versetzt.

Fällt die Periode der Kraft mit der Periode der Eigenschwingungen zusammen, so addieren sie sich zu einer endlichen Schwingung, deren Reibungsarbeit von der Kraft $m w^2 r$ zu leisten ist, und zu einer schwingenden Drehung des Systems um den Gesamtschwerpunkt.[98])

Die resultierende »kritische« Schwingung eines Stabes, unter Einwirkung

einer harmonischen Kraft, setzt sich sonach aus zwei harmonischen Schwingungen zusammen:

a) Einer harmonischen Schwingung, die resultierende Schwingung der dämpfungsfreien und der Dämpfungsschwingung, zu deren Unterhaltung eine ständige Arbeitszufuhr erforderlich ist.

b) Einer schwingenden, harmonischen Bewegung des Stabes in gleicher Weise, als ob das System ein starres wäre, um 90° der Schwingung, um 180° der Kraft nacheilend, zu deren Unterhaltung ein Arbeitsaufwand nicht erforderlich ist.

Die letztere Bewegung leitet die Schwingung zuerst ein und vermittelt deren Unterhaltung. In weiterer Verfolgung dieses Gedankenganges kommt man zu dem Schlusse, dass ein unter dem Einflusse einer äußeren Kraft schwingender Stab ruhende Punkte überhaupt nicht besitzt.

Der Schwingungsausschlag wird um so größer, je größer das Massenmoment mr der äußeren Kraft, je kleiner die Masse des schwingenden Stabes, die Arbeit der Biegung und die Dämpfung ist. [99])

Eine Maschine wird Schwingungen nicht hervorrufen können, wenn die geometrische Summe der in ihr auftretenden freien Kräfte, bezogen auf den Schnittpunkt der Tangente im Standorte der Maschine, an die Schwingungslinie mit der Schwingungsnullinie gleich Null ist.

Dies sind einige der hauptsächlichsten auf die Schwingung Bezug habenden Gesetze der technischen Mechanik, soweit sie hier in Betracht kommen. Ferner wissen wir, dass eine Bewegung eines starren Körpers, an welchen Kräfte irgend welcher Art angreifen, nicht stattfindet, wenn:

a) die Summe aller Kräfte gleich Null ist,
b) » » » Momente » » »

Zur Erzielung des Gleichgewichtes, nach den Bedingungen der Starrheit, ist eine Bedingung mehr zu erfüllen, wie nach den Bedingungen der Wertigkeit. Sind Kräfte einfacher und doppelter Periode auszugleichen, so ist die Anzahl der Bedingungen vier, nach der Methode der Wertigkeit nur zwei. Denken wir uns alle Kräfte in einem Punkte wirkend, so können wir auch die Gleichgewichtsbedingung für starre Körper zum Ausgleich der Massenkräfte verwenden.

Die Ursache der Schiffsschwingungen können nur periodische Kräfte sein, welche man in eine Reihe von harmonischen Kräften auflösen kann. Die Wirkung dieser einzelnen harmonischen Kräfte steht dabei keineswegs in direktem Gegensatze zur Größe der Kraft.

Die Wirkung ist vielmehr abhängig von ihrer Wertigkeit und von dem Verhältnisse ihrer Periode zu der Periode der Eigenschwingung.

Die Erscheinung der Schwingungen am Schiffskörper werden durch die Superposition von Schwingungen verschiedener Amplituden, Perioden und Phasen außerordentlich kompliziert, welche sich noch dadurch erhöhen, dass nicht nur das ganze Luftschiff als solches schwingt, sondern einzelne Teile desselben noch separat für sich allein schwingen.

Bei ungleichem Drehmomente der Maschine muß jedes Fahrzeug eine Drehung um seine Längsachse ausführen, deren Folge Torsionsschwingungen von der Periode der variablen Drehkräfte sein müssen. Diese Torsion des Schiffes findet um die freie Längsachse statt, deren Lage in der Symmetrieebene des Schiffes je nach der Form des Spantes vertikal oberhalb oder unterhalb des Schwerpunktes des Querschnittes ist. Die vertikalen, bei der Torsion auftretenden Beschleunigungskräfte heben sich gegenseitig auf: eine Torsion des Schiffes ist nicht imstande, vertikale Schiffsschwingungen hervorzubringen. Die Möglichkeit des Auftretens horizontaler Schiffsschwingungen infolge der Drehung des Schiffskörpers ist vorhanden.

Jede Maschinenanlage vermag periodische Kräfte auf den Schiffskörper zu übertragen, entweder bei der Krafterzeugung (Maschine und Wellenleitung) oder bei der Kraftabgabe (Schraube).

Eine Maschine kann Kraftäußerungen bei starrem Fundament nur dann nach außen übertragen, wenn der Gesamtschwerpunkt der bewegten Teile bei der Bewegung der Einzelteile eine Verrückung oder Drehung erfährt. Fassen wir Schiff und Maschine als ein freies System auf, so muss der Gesamtschwerpunkt von Schiff und Maschine von der Bewegung der Einzelteile unberührt bleiben, sonach bei der Bewegung des Schwerpunktes der bewegten Massen der Maschine das Schiff eine der Schwerpunktsbewegung entgegengesetzte, diese in Bezug auf den Gesamtschwerpunkt paralysierende Bewegung ausführen, welche Schwingungen erzeugen muss, wenn anders die Kräfte nicht nach ihren Wertigkeiten ausgeglichen sind.

Wie immer die Verbindung der Maschine mit dem Schiffe auch sein mag, sobald der Schwerpunkt der bewegten Masse eine Bewegung erfährt, muss das Schiff die Gegenbewegung ausführen.

Die Schraube kann in doppelter Weise Kräfte erzeugen:

1. Durch eine Schwingung ihres Schwerpunktes.
2. Durch die Reaktion der Luft.

Die unter 1. angeführten Kräfte sind genau ebenso wie die Massenkräfte in der Maschine wirksam. Die Reaktionskräfte der Luft sind bei dem heutigen Stande der Schraubentheorie nicht mit ebensolcher Sicherheit wie die Massenkräfte zu erkennen.

Unsere Kenntnisse über die Schwingungen der Ballons sind bei der geringen Zahl solcher ausgeführten Luftschiffe naturgemäß noch äußerst spärlich.

Es ist naheliegend, dass ich mich im vorstehenden an die für Wasserschiffe gemachten Erfahrungen gehalten habe. Die Schwingungen eines Wasserschiffes werden durch Pallographen ermittelt. Man wird jedenfalls seinerzeit auch bei Luftschiffen ähnliche derartige Messinstrumente anwenden.

Über den »Einfluss der Gleichförmigkeit der Wellenumdrehungsgeschwindigkeit« etc. wolle man den sehr lesenswerten Aufsatz von Gümbel: »Ebene

Transversalschwingungen« p. 275 u. f. nachsehen. Ich habe diese interessante Abhandlung hier selbst auszugsweise berührt.

Auch die Luft hat einen gewissen Einfluss auf die Schwingungsart und Zahl. Infolge der Luftverdrängung treten in dieser Hinsicht drei Kräftegruppen auf:

1. die statische Luftverdrängung,
2. die Luftbeschleunigung,
3. die Reibungswiderstände.

Die Luftreibungswiderstände sind sehr gering und können bei prallen Ballons vielleicht vernachlässigt werden.

Die statische Luftverdrängung dürfte sich in einer geringeren Verminderung des Volumens, die Luftbeschleunigung in einer Vergrößerung des Schiffsgewichtes um einen Teil der bei einer Schwingung verdrängten Luftmasse fühlbar machen.[100])

Diese Andeutungen müssen uns heute genügen, um über dieses schwierige und jetzt von uns noch kaum bearbeitbare Gebiet hinüberzuhelfen.

Die Wichtigkeit des Gegenstandes entschuldigt, wenn ich nach diesen wenigen theoretischen Auseinandersetzungen, nachstehend den Ausführungen Berling's, über die Grundanschauungen der Schwingungen an Schiffen, die auch für Luftschiffe Anwendung finden, folge. Manchen wird es dadurch vielleicht besser erklärlich sein. Berling schreibt unter anderem auf Seite 379 des 2. Bandes des Jahrbuches der schiffsbautechnischen Gesellschaft folgendes:

»Ein Schiff kann unter Vorbehalt als ein elastischer Stab betrachtet werden. Wenn auf einen solchen eine äußere Kraft oder ein Kräftepaar einwirkt, so entspricht ihrer Größe eine bestimmte Formänderung (Zusammenpressung, Dehnung, Biegung oder Verdrehung) des Stabes. Nimmt die Größe der Kraft oder des Momentes in stetiger Wiederkehr verschiedene Werte an, so wird der Stab nacheinander Formänderungen verschiedener Größe erleiden, welche, abgesehen von den Massenwirkungen des Stabes, den Kraftschwankungen proportional sind, und die einzelnen Punkte des Stabes schwingen hin und her. Da hierbei nur die Schwankungen der äußeren Kräfte einen bestimmten Einfluss ausüben, können solche Schwingungen Kraftschwingungen genannt werden.

»Wenn man einen elastischen Stab, der durch eine Kraft eine Formänderung erlitten hat, plötzlich entlastet, so schwingen die Massenteilchen mit um so größerer Heftigkeit um ihre Gleichgewichtslage hin und her, je größer vor der Entlastung des Stabes die elastische Formänderung war. Die Anzahl der Schwingungen in der Zeiteinheit ist hierbei von der Verteilung der Massen, von den Abmessungen des Stabes und von den Molekularkräften abhängig, also für jeden Stab ganz bestimmt und annähernd unabhängig von der Größe des Schwingungsausschlages. Da die Trägheitskräfte der Stabmassen hierbei die Ursache der Schwingungen sind, so können diese im Gegensatze zu den Kraftschwingungen als Trägheitsschwingungen bezeichnet werden.

»Wenn nun die Anzahl der Kraftschwingungen, die ein Stab in der Zeiteinheit erleidet, der bestimmten Anzahl seiner Trägheitsschwingungen nahezu gleich ist, dann treten durch die Summierung der Ursachen besonders große Wirkungen in die Erscheinung. Durch jede Kraftschwingung wird die Trägheitsschwingung alsdann vergrößert, und bei jedem Schwingungsausschlage des elastischen Stabes addiert sich die Kraftschwingung zu der vergrößerten Trägheitsschwingung wieder von neuem hinzu. Die größte Weite des Schwingungsausschlages wird dadurch bedingt, dass die Reibungsarbeit im Stabe bei einer Schwingung gleich der Arbeit der äußeren Kraft bei einer Schwingung wird und deshalb keine Vergrößerung des Schwingungsausschlages mehr eintreten kann.

»Es können aber auf einen Stab zu gleicher Zeit mehrere Kraftschwingungen von verschiedener sekundlicher Schwingungszahl einwirken. Wenn dann die eine derselben mit den Trägheitsschwingungen des Stabes gleiche Schwingungszahl besitzt, so wird sie bei der Schwingungserzeugung den Ausschlag geben, während die übrigen Kraftschwingungen ihrer Schwingungszahl entsprechend in das Intervall der Trägheitsschwingungen hineinfallen. Solche Erscheinungen nennt man Interferenzen, und diese werden an fast allen pallographischen Schaulinien beobachtet.

»Wenn nun die Anzahl der Kraftschwankungen in der Minute um ein geringes von derjenigen der Trägheitsschwingungen abweicht, so treten Schwellungserscheinungen auf. In einem Augenblick verstärken sich die Trägheits- und die Kraftschwingungen gegenseitig, die Schwingungen schwellen an, dann bleiben die Trägheitsschwingungen hinter den Kraftschwingungen zurück oder eilen ihnen voraus, bis sich beide entgegenwirken und sich gegenseitig schwächen. Dasselbe Spiel wiederholt sich dann in umgekehrter Richtung.

»Da nun ein Schiff kein vollkommen elastischer Körper ist, so ist auch die Anzahl seiner Trägheitsschwingungen in der Zeiteinheit nicht ganz genau bestimmt. Wenn man die Kraftschwingungen durch Regulierung der Umlaufszahlen der Hauptmaschinen allmählich anwachsen lässt, so zeigt sich vielmehr, dass die Trägheitsschwingungen in bestimmten Grenzen den Kraftschwingungen folgen. Diese Grenzen liegen um so enger, je steifer das Schiff ist.

»Die Grenzen der Trägheitsschwingungen liegen um so weiter, je leichter das Schiff gebaut ist.

»Wie jeder elastische Stab, kann nun ein Schiff drei verschiedenen Arten von Beanspruchungen und Schwingungen unterworfen werden, nämlich:

1. Dem Zuge oder Drucke in Richtung der Achse, das heißt Longitudinalschwingungen.
2. Der Biegung, das heißt Transversalschwingungen.
3. Der Verdrehung, das heißt Torsionsschwingungen.«

Auf welche Weise diesen Schiffsschwingungen am wirksamsten zu begegnen wäre, ist eine jetzt noch sehr schwer zu beantwortende Frage.

Aus Erfahrung wissen wir, dass alle Luftballons an einer mehr oder

minder großen »Instabilité longitudinale«, wie sich Renard p. 21. d. 1. Bd. der »Revue de l'Aéronautique« treffend ausdrückt, litten. Es stampften Renard ebenso wie Zeppelin und Dumont.

Popper schreibt in seiner Flugtechnik auf p. 16 folgendes: »Es scheint mir, dass es ein einfaches Mittel giebt, die gewünschte Stabilität der Längsachse des Ballons fast vollkommen zu bewerkstelligen. Dieses Mittel besteht in der Anwendung des mechanischen Prinzips der Erhaltung der Rotationsebene.

»Denkt man sich nämlich einen Schwungring von mehreren Metern Durchmesser, ähnlich situiert wie den Schraubenpropeller, und durch den Ballonmotor in sehr rascher Rotation erhalten, so wird der Widerstand dieses rotierenden Ringes gegen jede nicht zu sich selbst parallele Veränderung seiner Rotationsebene jene Tendenz zu einer Schwankung der Ballonachse in ihrer Wirkung so abschwächen und etwaige Oszillationen so verlangsamen, dass sie entweder (so zu sagen) im Keime erstickt werden und die Achse sich sofort in die Propellerstoßrichtung einstellt, oder dass doch wenigstens infolge der herbeigeführten Verlangsamung der Oszillation es leicht möglich wird, durch Korrektion mittels Steuerung die gewünschte Achsenrichtung wieder herzustellen.

»Da der Durchmesser des Schwungringes und die Tourenzahl sehr groß genommen werden können, so braucht das absolute Gewicht desselben durchaus nicht groß zu sein«.

Meine Meinung ist, dass, wenn ein ganzes System von Schrauben an einem wirklich starren, langen Gerüste angreifen und entsprechend placiert werden und von Horizontalsteuern Gebrauch gemacht wird, auch das von Renard und Zeppelin beobachtete Stampfen des Ballons weniger leicht eintreten dürfte, weil sich die Schwingungen gegenseitig abschwächen werden und dadurch die longitudinale Stabilität des Ballons eher erhalten bleibt. Die Lösung der Stabilitätsfrage bedingt auch eine feste Verbindung von Hülle und Traggerüste und ein genaues Zusammenfallen der Längsachse des lenkbaren Ballons mit der Translationsrichtung.

Es muss also die Stoßrichtung des Propellers mit der Ballonachse und diese mit der Gondelachse parallel sein.

Ein ferneres wirksames Mittel, um schädlichen Schwankungen vorzubeugen, dürfte in dem Anbringen einer Anzahl schwach schiefgeneigter Flächen, die sich eventuell automatisch verstellen können, zu suchen sein, wie solche z. B. von Rozé angewendet worden sind.

Noch ein Punkt kommt endlich für die longitudinale Stabilität sehr in Betracht, es ist dies der Grad der Vollfüllung der Hülle des Ballons mit Traggas. Ist die Hülle des Ballons nicht ganz voll mit Gas gefüllt, so wogt das Gas, ähnlich wie eine Flüssigkeit, hin und her und ruft ganz unberechenbare, stoßartig wirkende Erschütterungen hervor, die einerseits der Festigkeit der Hülle sehr gefährlich werden können, andererseits aber eine Verschiebung des Schwerpunktes hervorrufen und dadurch die longitudinale Stabilität aufs äußerste gefährden.

Es ist daher unbedingt erforderlich, dass das Gas die Hülle nach allen Seiten hin ausdehnt, also genug Gas in der Hülle sich befindet. Das Traggas kann in dieser Hinsicht natürlich auch durch das sich mit Luft ausdehnende Ballonet ersetzt werden. [101])

Das schädliche Schwanken des Gases hat Zeppelin durch Verkleinerung der Hüllen — er hatte 17 kleine Ballons statt eines großen angeordnet — in gewissem Maße beseitigt; ich glaube aber, man müsste nicht zu diesem Mittel greifen (was im übrigen manche Vorteile und Nachteile besitzt), sondern kann durch Anwendung genügend großer Ballonets in Verbindung mit einer entsprechend fest und gut gefüllten Hülle dasselbe auf einfachere Weise erreichen.

Über das Ballontraggerüste.

Im Luftschiffe von Giffard waren Insassen und Motor in einer Gondel von sehr kleinen Dimensionen untergebracht. Ähnliches gilt auch von den Gondeln der Luftschiffe von Tissandier und von Santos-Dumont Type I, dessen Gondel in der Fig. 54 abgebildet erscheint. Aus ihr ist zu ersehen, in welch' sinnreicher Weise alle Organe um das Traggerüste des Ballons, welches sich uns hier noch als Ballonkorb repräsentiert, angegliedert sind. In der Mitte stand der Ballonführer, welcher ohne sich vom Platze regen zu müssen, alle Handgriffe verrichten konnte, freilich hing diese Gondel, wie die Fig. 77 p. 267 zeigt, auch recht tief unterhalb des Ballons, so dass Drehmomente in größtem Maßstabe auftreten mussten.

Fig. 54. Gondel der Type des »lenkbaren Ballons« von Santos Dumont.

A Motoren, *B* Motoren, *C* Schraube, *D* Spulen, *E* Auspuffrohr, *F* Carburateur, *G* Zuleitungsrohr, *H* Brennstoffbehälter.

Bei dem Ballon von Dupuy de Lôme hatte diese Gondel eine Länge von 12,5 m bei einer Breite von 1,75 m. Sie erschien gegen die Giffard'sche Gondel schon sehr lang und gewährte der Netzkonstruktion 16 Aufhängepunkte (16 Knebel gegen 4 bei Giffard). Die Gondel war

nach jeder Richtung hin gut versteift und in sich fest und solid gebaut. Sie wird heute noch im Palais des Invalides in Paris aufbewahrt. Die Tragstange der Gondel ist aus Eichenholz, die Träger aus Bambusstangen und die Traversen aus Fichtenholz. Die Gondel selbst war aus Weidengeflecht. Taue kreuzten sich unter dem Gondelboden um ihn zu verstärken und

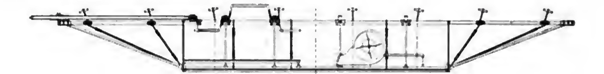


Fig. 55. Längsschnitt durch die Gondel von Dupuy de Lôme.

liefen an den Seilen hinauf, so dass ein festes und dabei doch elastisches Gebilde entstand. Ein Ventilator zum Einblasen von Luft in das Ballonet war am Gondelboden fix befestigt. Die acht Männer, welche die Schraubenkurbel bedienten, standen auf einem kleinen Podium.

Die Gondel des Ballons »Deutschland« von Dr. Wölfert war fest und dabei doch elastisch gefügt und hatte nach aufwärts reichende Ständer, in welcher sich der Ballon in eigens konstruierte Bögen einlegte. Es entstand so eine recht gute Verbindung der Gondel mit der Hülle, die noch durch Stricke, welche durch den Ballon hindurch liefen, vermehrt wurde.

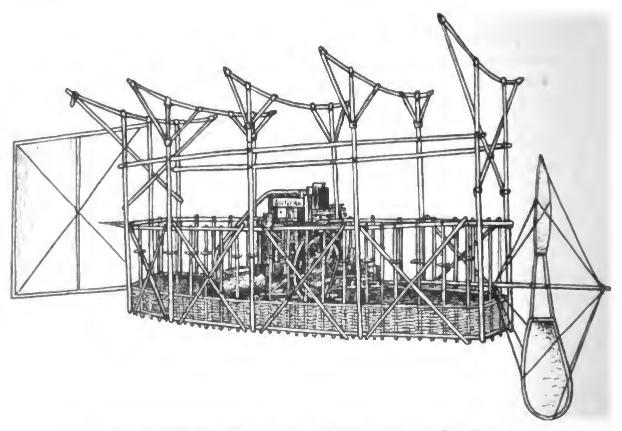


Fig. 56. Gondel des Ballons »Deutschland« von Dr. Wölfert.

An der Gondel selbst war auf der einen Seite das Steuer und auf der anderen Seite die zweiflügelige Luftschraube angebracht. Der Korb

war nur an seiner untersten Seite und am Boden mit Geflecht umgeben, sonst bildeten ihn Ständer und Diagonalen mit Drahtgeflechten verbunden.

Bei Haenlein war die Gondel 9 m, bei Tissandier nur 1,7 m lang. Schwarz hatte eine Gondel von 4,5 m Länge und 1,1 m Breite. Zeppelin's pontonförmige Gondeln aus Aluminiumblech besaßen je 6 m Länge, 1,5 m Breite. Alle diese Gondeln waren im Verhältnisse zur Länge des Ballons kurz zu nennen.

Anders und entschieden besser waren die Ballontraggerüste von Renard und Dumont Type V, VI und VII konstruiert. Renard's Traggerüste maß 32 m d. i. $^3/_5$ der größten Länge des ganzen Ballons und jenes von Dumont etwa $^2/_3$ derselben.

Die kurzen Gondeln der Franzosen waren tief situiert. Es war nicht

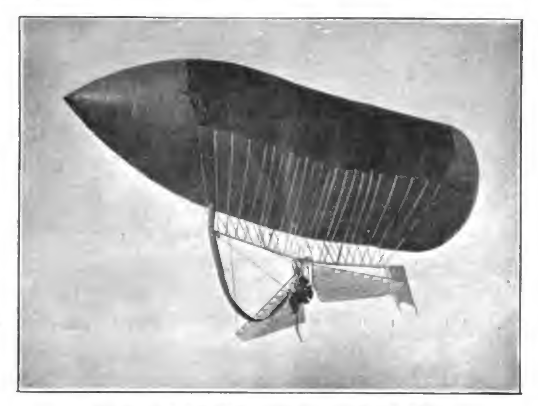


Fig. 57. Tragstange am Ballon von Danilewsky.

möglich das Netz direkt an ihnen zu befestigen, sie erhielten als Zwischenglied eine Tragstange (Quille), an welche einerseits das Netz und andererseits die Gondel befestigt wurde. Auf diese Art konnte dem Übelstande schlechter Ballonaufhängung einigermaßen gesteuert werden. Die Fig. 57 illustriert durch die Durchbiegung der Tragstange deutlich, wie misslich diese Art der Gondelaufhängung ist. Ein nur langer Körper hat niemals eine entsprechende Steifigkeit, die für solche Apparate eben unerläßlich ist. Haenlein hat die Tragstange zu einem Traggerüste, das sich aber nur nach der Breite zu ausdehnte, ausgestaltet, daher keine entsprechende Dicke aufwies. Sie ist als ein Übergangsglied von der reinen Quilleform der Franzosen, zu der von Renard zuerst angewandten, ausgesprochenen Traggerüsteform anzusehen, oder, wenn man will als erste Ballontraggerüste-Konstruktion.

Renard vereinigte die Tragstange mit der Gondel und schuf damit einen neuen Typus. Dadurch ist eine bessere Verbindung des Traggerüstes mit dem Ballon erreicht worden, das Netz gewinnt viel mehr Aufhängepunkte, die Last wird gleichmäßiger verteilt. Es ist dies ein entschiedener

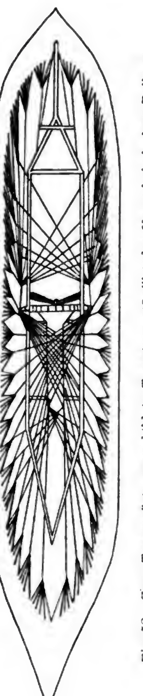


Fig. 58. Zum Traggerüste ausgebildete Tragstange (Quille) des Haenlein'schen Ballons.

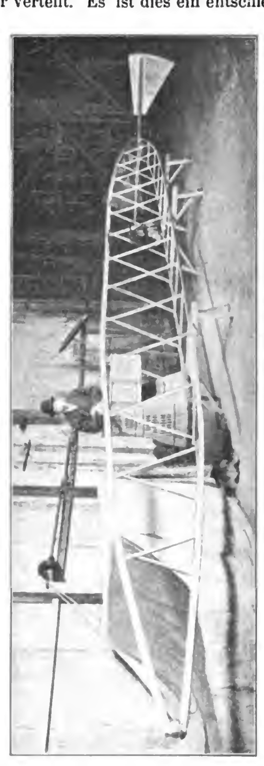


Fig. 59. Ballontraggerüste der VI. Type des lenkaren Ballons von Santos Dumont.

Fortschritt gegen die verhältnismäßig kurzen Gondeln seiner Vorgänger.

Renard's Gondel war ein Meisterwerk leichter Konstruktion.[102]

Auch das Traggerüste von Santos-Dumont ist leicht und sehr zweckentsprechend gebaut.

Ich bin der Meinung, das Traggerüste solle gleichsam das Rückenmark des ganzen Ballonorganismus bilden, es muss daher stark gebaut

werden. Das Traggerüste muss die bei der Landung unvermeidlichen Stösse und Erschütterungen aufnehmen können und nebst dem die schweren Maschinen und die Nutzlast tragen, also als Fundament dienen. An ihr werden auch die Verankerungen zu befestigen sein. Ich glaube, die Gondel sollte sich daher unter den ganzen Rumpf des Ballons hinziehen und eine besondere Festigkeit besitzen, ganz im Gegenteil zu dem sich über ihr wölbenden, leichten und luftigen Gasballe. Beide miteinander durch zweckentsprechende, nicht viel Luftwiderstand bietende Netzkonstruktionen unverrückbar miteinander verbunden, was schon Haenlein und Wölfert anstrebten und Schwarz und Zeppelin in sehr guter Weise erreicht haben, werden erst ein brauchbares Luftfahrzeug abgeben.

Bei solchen Ballons wird der Schwerpunkt möglichst tief liegen und Platz zur Anbringung mehrerer Schrauben sein. Und dieses bildet ein weiteres Erfordernis lenkbarer Ballons. Auch in dieser Hinsicht sehen wir bei Schwarz und besonders bei Zeppelin einen unleugbaren Fortschritt.

Die großen Traggerüste der Zukunft werden sich also unter der ganzen Rumpflänge hinziehen und genug Raum zur Aufstellung aller Maschinen, Schrauben und für all' das vielfache Ballonzubehör besitzen. Mit der Ausdehnung in die Länge geht naturgemäß auch eine solche in die Höhe und in die Breite Hand in Hand. Dadurch werden sie an Steifheit, ebenso aber auch an Gewicht zunehmen. Solche Traggerüste werden sich uns als eine Art von Brücken repräsentieren, welche vom statischen Gesichtspunkte aus an vielen Stellen aufgehängt sind und durch permanente Gewichte belastet werden. Sie sind daher als kontinuierliche Träger zu rechnen. Besitzt die Hülle des Ballons eine starre Form, so wie z. B. bei Zeppelin, so wird es möglich sein, den größten Teil des Traggerüstes als eine Art von Versteifungsträger zu konstruieren und ihm ein System von Gondeln anzugliedern, wodurch eventuell an Gewicht gespart werden kann. Dass die Verbindung von Traggerüst und Ballon nicht innig genug ausgebildet werden kann, ist einleuchtend.

Von diesem Gesichtspunkt aus gefällt mir die Anordnung von Wölfert bei seinem Ballon »Deutschland« am besten.

Die Gondel muss ferner bei der Landung die auftretenden Stöße aufzunehmen in der Lage sein, daher auch in dieser Hinsicht entsprechend konstruiert werden.

Dieser Gedankengang führt uns zur Schaffung eigener Landungsvorrichtungen, welche entweder als Stoßpuffermechanismen oder als Systeme von Hebelwerken u. dergl. m. ausgeführt gedacht werden können.

Letztere Anordnung sehen wir z. B. bei Maxim's Drachenflieger schon recht hübsch durchdacht, aber noch nicht so stark konstruiert, als es wünschenswert wäre.

Wie schädlich starke Stöße einem Ballongerüste werden können, sehen wir recht deutlich an dem nachfolgenden Bilde, welches das Traggerüste des Zeppelin'schen Ballons nach erfolgtem Absturz in der Halle (die Fallhöhe betrug nur etwa $2^1/_2$ m) darstellt. Die verbogenen Längs- und

Querträger des Netzgitterwerkes — als welches das Ballongerüste ausgestaltet war — sprechen deutlich genug für diese Behauptung. Solche

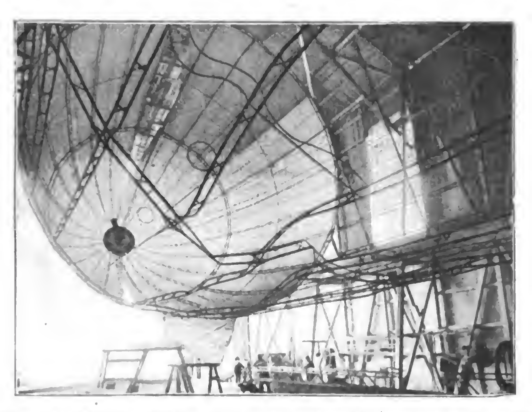


Fig. 60. Das Ballontraggerüste von Zeppelin nach dessen Absturz auf den Boden der Halle.

Vorkomnisse muss man daher, weil sie auch bei Landungen unvermeidlich sein werden, durch Anbringung von eigenen Landungsvorrichtungen unschädlich zu machen trachten.

Über die erforderliche Geschwindigkeit eines »lenkbaren Ballons«.[102a])

Im 2. Kapitel wurden die hauptsächlichsten Eigenschaften des Windes bezüglich seines Verhaltens in meteorologischer Hinsicht erörtert. Ebendort ist auch eine Theorie des rein dynamischen Ballonfahrens gegeben. Wir wissen, dass ein rationeller Ballonbetrieb erst dann möglich ist, wenn man ihm eine größere Geschwindigkeit erteilen können wird, als die des Windes ist. Es ist daher unbedingt erforderlich zu wissen, wie groß die Geschwindigkeit des Windes in den von uns zu durchfahrenden Gebieten sein wird. Diese Windgeschwindigkeit wechselt sehr, je nach dem Orte, an welchem der Wind weht und je nach der Tageszeit und Höhe und mehrerer meteorologischer Elemente. Ein richtiges Urteil über diese Verhältnisse ist nur auf Grund ganz besonders umfassender Studien der Tabellen der in Frage kommenden meteorologischen Anstalten möglich. Ich will an einem Beispiele zeigen, wie man hierbei zu verfahren hätte.

In den Jahresberichten der Central-Anstalt für Meteorologie und Erdmagnetismus auf der hohen Warte bei Wien finden sich die Geschwindigkeiten und die Richtungen des Windes für alle Stunden verzeichnet. Aus diesen viele Seiten betragenden Tabellen ermittelte ich die Zahl jener Stunden, an welchen die Windgeschwindigkeit größer als 30, resp. 50, resp. 70 Kilometer per Stunde (8,3, resp. 13,9, resp. 19,4 rund 8, 14, 20 Meter per Sekunde) war. Das Resultat dieser Auszüge findet sich in den Tabellen α, β und γ wiedergegeben.

Die anemometrischen Beobachtungen auf der hohen Warte zu Wien, werden auf dem Plateau ihres Turmes angestellt. Die Anemometer befinden sich etwa 24 m über dem Erdboden und 64 m über der Donau[103]) an der Krone eines Abhanges, so dass sie verhältnismäßig eine freie, gute Aufstellung besitzen. Sie sind also für unsere Zwecke sehr gut zu verwerten, weil sie eher zu große als zu kleine Werte registrieren.

Die Zusammenstellung, welche aus den Tabellen ersichtlich ist, machte ich für die letzten 16 Jahre.

Es zeigt sich hier die für Viele vielleicht überraschende Tatsache, dass es windstarke und windschwache Jahre gibt. Zu ersteren gehören in der von mir betrachteten sechzehnjährigen Periode (**siehe Tabelle** α) die Jahre 1887—1889, in welcher **merkwürdiger Weise**[104]) an 1867 Stunden d. i. an 21,3% Stunden des Jahres eine größere Windgeschwindigkeit als rund 8 m per Sekunde herrschte, zu den letzten das Jahr 1885, in welchem an nur 1292 Stunden — also um 575 Stunden weniger oft — ein Wind von eben solcher Stärke wehte, d. i. nur an 14,7% Stunden; ebenso ist das Jahr 1898 ein windschwaches Jahr in Bezug auf stärkere Winde als 30 km per Stunde.

Betrachten wir die **Tabelle** β, so ergibt sie das Jahr 1888 als jenes Jahr, wo der Wind am öftesten eine größere Geschwindigkeit als 50 km per Stunde (14 m p. Sek.) aufwies, d. i. an 461 Stunden. Wir sehen, dass der Wind jetzt nur mehr 5,3% der Stunden eines Jahres in dieser neuen Stärke wehte, dass also Winde von 8—14 m p. Sek. in diesem Jahre in 16% Stunden des Jahres wehten.

Das an starken Winden schwächste Jahr in dieser Periode ist auch hier das Jahr 1885, welches fast nur halb so viel Winde aufweist, die stärker als mit 50 km wehten, als das Jahr 1888, nämlich 228 Stunden oder 2,6%, fast dasselbe gilt vom Jahre 1895.

Die Betrachtung der **Tabelle** γ gibt das Jahr 1884 als dasjenige Jahr, welches am meisten Stürme aufweist. In diesem Jahre wehte an 133 Stunden der Wind mit mehr als mit 70 km, d. i. mit mehr als rund 20 m per Sekunde, also an 1,5% Stunden des ganzen Jahres. Die sturmschwächsten Jahre in dieser Periode sind die Jahre 1885, 1887, 1896 und 1897, welche sämtlich nur 32—34 Sturmstunden oder 0,4% Stunden des Jahres einen größeren Wind als 70 km per Stunde zu verzeichnen haben.

Die Betrachtung dieser Tabelle ergibt aber auch, dass an 53 Monaten von 120 Monaten (zehnjährige Periode 1889—1898), also an 45 % Monaten an keiner Stunde eine größere Windgeschwindigkeit als 70 km per Stunde wehte; an nur 0,7 % Stunden wehte er in dieser Periode mit mehr als 70 km per Stunde (20 m per Sek.). Betrachtet man die 16jährige Periode, so ergibt sie aber nur 39 % ganz 70 km sturmfreie Monate.

Über die größte Windgeschwindigkeit auf der hohen Warte gibt die **Tabelle** ε Auskunft, das Maximum zeigt das Jahr 1884 mit einer Windgeschwindigkeit von 130 km, d. i. mit 36 m per Sekunde durch eine volle Stunde. Wir dürfen nicht vergessen, dass alle diese Zahlen Stundenmittel sind. Zeitweise herrschte auch eine Geschwindigkeit von über 40 m per Stunde.[105])

Wir haben jetzt schon einen flüchtigen Einblick in die Windverhältnisse gewonnen, aber nur einen ganz kleinen. Besser orientiert uns über die hier herrschenden Verhältnisse das Studium der **Tabelle** δ. Auf dieser Tabelle ist die Anzahl der Stunden zu ersehen, in welchen der Wind oberhalb Wiens eine größere Geschwindigkeit als 30 km, resp. als 50 km (die eingeklammerten Werte), in der Stunde wehte. Ich zog die Anzahl der Stunden in sechsstündige Perioden zusammen und rechnete überall die prozentuelle Dauer der in Rede stehenden Winde. Man ersieht jetzt, wie viele von diesen Winden auf die Nacht entfallen, so dass sich die Verhältnisse für die Luftschiffahrt noch bedeutend bessern.

Aber auch diese Arbeit befriedigte mich noch nicht ganz, und ich entschloss mich, um ein ganz klares Bild der hier auftretenden Verhältnisse zu erlangen, die Originalbeobachtungen graphisch aufzutragen. Ich wählte dazu in erster Linie das windreichste Jahr in der zehnjährigen Periode 1889—1898, das ist das Jahr 1889 und in weiterer Folge noch die Jahre 1893, 1894 und 1899 als mittelwindstarke Jahre.[106])

Erst durch die Betrachtung der Graphikons ist es möglich, sich ganz klar und ohne Selbsttäuschung die eingangs aufgeworfene Frage nach der erforderlichen Ballongeschwindigkeit zu beantworten. Hierbei muss man sich aber auch noch den Umstand gegenwärtig halten, dass die Windgeschwindigkeit mit der Höhe wächst. Es heißt also bei Fahrten gegen den Wind tunlichst nahe dem Erdboden fahren, bei Fahrten mit dem Winde in der Regel höhere Regionen aufsuchen.

In unseren Breiten würde ich von einem lenkbaren Ballon eine Minimal-Eigengeschwindigkeit von etwa 14 m per Sekunde verlangen; der Ballon kann dann beiläufig in 95 % Stunden des Jahres fahren. Diese Prozentzahl erhöht sich noch, wenn man von dem Ballon nicht verlangt, in Wintermonaten aufzufahren und von Fahrten in der Nachtzeit absieht.[107])

Allen Stürmen zu trotzen, werden wir von einem lenkbaren Ballon nicht verlangen dürfen. Aber Stürme oder überhaupt größere Windgeschwindigkeiten wehen erfahrungsmäßig in unseren Gegenden nie viele

Stunden hindurch. Die Betrachtung der Windgraphikons eröffnet uns daher gute Aussichten auf die Verwendbarkeit lenkbarer Ballons von Eigengeschwindigkeiten von 14 m per Sekunde angefangen. Ich bemerke, dass Wien eine ziemlich windreiche Gegend ist; schon bei den Römern galt ein diesbezügliches Sprichwort.[108])

Wir wandeln also keinen schlechten Weg, wenn wir die hier herrschenden Windverhältnisse zum Ausgangspunkte unserer Studien wählen und jene Luftballons lenkbar nennen, welche mindestens mit einer sekundlichen Geschwindigkeit von 14 Meter mehrere Stunden hindurch fahren können. Selbstverständlich sind diese 14 m auf Fahrt bei ruhiger Luft bezogen. Die Schnelligkeit, mit welcher er bei Wind fortkommt, hängt von der Stärke derselben ab und ergibt sich, wie schon auf Seite 84 nachgewiesen wurde, aus der Differenz der jeweiligen Ballon- und Windgeschwindigkeit.

Bis jetzt ist man von der Erreichung dieses Zieles noch um ca. 6,5 m per Sekunde zurück. Renard hat schon vor 18 Jahren 6,5 m per Sekunde erreicht, Zeppelin nach den Berichten von Kübler in den »Illustrierten aëronautischen Mitteilungen« nur um einen Meter mehr und auch Dumont ist nicht schneller als mit 7,5 m gefahren. Die Gründe hierfür sind einerseits in der zu geringen Verwendung der Anzahl der erforderlichen Pferdestärken und in der Unvollkommenheit der in Betracht kommenden Ballonbestandteile zu suchen, welchen Übelständen im Detail und im Ganzen durch Anwendung zweckentsprechender Abhilfen schon heute erfolgreich begegnet werden kann.

Tabelle α.

Anzahl der Stunden, in welchen der Wind auf der hohen Warte in Wien mit **mehr als 30 km** per Stunde wehte, das ist mit mehr als **8 m** per Sekunde.

Jahr		1884	1885	1886	1887	1888	1889	1890	1891	1892	1893	1894	1895	1896	1897	1898	1899	Summe aller 16 Jahre	Es entfallen %-Stunden vom Jahre auf die Winter Monate	Sommer Monate
Januar		**319**	34	105	84	**291**	168	213	**224**	218	251	85	**205**	152	159	135	196	2 839		
Februar		79	49	28	115	97	**296**	63	184	**243**	212	**347**	202	**194**	**201**	**184**	98	2 602	24,5	—
März		54	144	183	**215**	259	287	184	208	140	**279**	193	199	176	200	120	198	3 039		
April		35	64	78	190	151	238	145	127	151	104	75	39	189	115	199	189	2 089		
Mai		131	**182**	203	198	90	33	82	107	132	172	146	114	142	199	100	191	2 222	—	19,3
Juni		299	94	181	179	115	56	**221**	140	137	126	282	116	162	129	93	100	2 430		
Juli		132	162	108	85	227	190	167	157	157	103	97	98	144	180	161	181	2 349		
August		70	81	72	164	163	127	105	141	99	98	175	132	130	66	91	87	1 801	—	16,4
September		49	144	61	141	38	158	216	55	121	95	115	100	103	107	35	92	1 630		
Oktober		227	87	94	181	161	121	194	60	79	129	106	131	59	152	30	76	1 887		
November		133	71	157	115	178	116	131	89	24	91	37	41	168	102	33	**255**	1 741	17,0	—
Dezember		158	180	**218**	200	97	77	25	212	207	110	180	185	120	46	242	130	2 387		
Zusammen	Stunden	1 686	1 292	1 488	**1 867**	**1 867**	**1 867**	1 746	1 704	1 708	1 770	1 838	1 562	1 739	1 656	1 433	1 793	27 016	20,7	17,8
	% vom Jahr	19,2	14,7	17,0	**21,3**	**21,2**	**21,3**	19,9	19,4	19,4	20,2	21,0	17,8	19,8	18,9	16,3	20,5	19,2		

Tabelle β.

Anzahl der Stunden, in welchen der Wind in Wien auf der Hohen Warte mit **mehr als 50 km** per Stunde wehte, das ist mit mehr als 14 m per Sekunde.[108a]), [108b])

Jahr	1884	1885	1886	1887	1888	1889	1890	1891	1892	1893	1894	1895	1896	1897	1898	1899	Summe aller 16 Jahre	Es entfallen %-Stunden vom Jahre auf die Winter-Monate	Sommer-Monate
Januar	**112**	.	19	35	**97**	51	59	18	**93**	47	16	58	39	**68**	**85**	59	851		
Februar	21	4	.	6	30	**116**	.	45	42	**66**	**150**	4	**61**	59	59	13	676	6,3	—
März	4	27	31	36	89	87	31	**84**	23	48	34	33	27	36	24	59	673		
April	20	19	3	29	30	57	38	2	25	2	5	3	4	9	37	37	320		
Mai	16	46	21	30	2	.	15	17	12	10	20	18	13	35	4	49	308	—	2,7
Juni	83	6	**74**	23	7	2	18	8	7	.	9	10	31	7	18	6	309		
Juli	7	2	16	10	40	24	18	15	10	12	24	9	16	39	19	39	300		
August	14	3	3	35	24	14	17	7	9	1	18	7	16	6	18	2	194	—	2,0
September	9	34	9	2	15	14	**72**	7	18	10	6	2	5	8	.	4	215		
Oktober	60	12	13	16	12	16	38	4	4	44	23	21	12	.	5	3	283		
November	48	25	39	10	95	23	49	18	6	24	9	2	27	12	11	**85**	483	3,9	—
Dezember	43	**50**	67	**51**	20	22	.	67	77	25	14	**68**	19	.	62	48	628		
Zusammen Stunden	437	228	295	283	**461**	426	355	292	326	289	328	230	270	274	342	404	5 240	5,1	2.3
Zusammen % vom Jahr	5,0	**2,6**	3,4	3.2	**5,3**	4.9	4,1	3.3	3, 7	3,4	3,7	2,6	3,1	3,1	3,9	4,6	3,7		

Tabelle γ.

Anzahl der Stunden, in welchen der Wind in Wien auf der Hohen Warte mit **mehr als 70 km** per Stunde wehte, das ist mit mehr als 20 m. per Sekunde.[108 r)]

Jahr		1884	1885	1886	1887	1888	1889	1890	1891	1892	1893	1894	1895	1896	1897	1898	1899	Summe aller 16 Jahre	Es entfallen % Stunden vom Jahre auf die Winter- Monate	Es entfallen % Stunden vom Jahre auf die Sommer- Monate
Januar		25	.	4	7	16	12	**28**	.	**44**	5	7	12	.	**16**	**31**	17	**224**		
Februar		2	2	.	.	6	32	.	8	5	**18**	**42**	.	**16**	9	16	1	157	1,5	—
März		2	7	2	6	10	**37**	6	**26**	15	13	.	9	2	1	.	15	151		
April		1	2	.	5	1	15	2	.	1	.	.	.	.	.	2	6	35		
Mai		3	**10**	2	**9**	.	.	.	2	1	.	.	.	.	2	.	5	34	—	0,3
Juni		19	.	13	.	.	.	.	1	.	.	.	.	1	1	1	.	36		
Juli		1	.	9	.	7	.	1	3	.	5	7	.	.	4	2	3	42		
August		4	.	.	3	7	2	1	1	2	.	.	.	1	.	.	.	21	—	0,3
September		2	3	1	.	.	2	16	3	.	.	.	.	1	.	.	.	28		
Oktober		21	1	3	.	.	10	9	.	.	3	2	1	5	.	.	.	55		
November		**38**	6	5	.	**25**	.	17	7	.	8	.	.	6	.	3	**23**	138	1,0	—
Dezember		15	3	**14**	7	.	3	.	25	25	2	.	**28**	.	.	7	16	145		
Zusammen	Stunden	**133**	34	53	37	72	113	80	76	92	54	58	50	32	33	62	86	1066	1,2	0,3
	% vom Jahr	**1,5**	0,4	0,6	0,4	0,8	1,3	0,9	0,9	1,1	0,6	0,7	0,6	0,4	0,4	0,7	1,0	0,8		

An 74 Monaten von 192 Monaten, also an 39% Tagen, wehte in keiner Stunde eine größere Windgeschwindigkeit als 70 km.

Tabelle δ.

‹A›nzahl der Stunden (Procente von Monatsstunden), in welchen der Wind in Wien (Hohe Warte) eine größere Geschwindigkeit als 30 (resp. 50) km, per Stunde d. i. mehr als 8 (resp. 14) m per Sekunde besaß.

1884

Monat	Der Wind wehte x Stunden mit einer größeren Geschwindigkeit von .... bis .... 12—6	6—12	12—6	6—12	Zusammen	wehte x Stunden bei Tag	Nacht	In %-Stunden Zusammen	davon bei Tag
1 Januar	**76 (30)**	**84 (36)**	**87 (29)**	72 (17)	**319 (112)**	171 (65)	148 (47)	**42,9 (15,1)**	23,0 (8,7)
2 Februar	21 (7)	22 (8)	18 (3)	18 (3)	**79 (21)**	40 (11)	39 (10)	**11,4 (3,0)**	5,7 (1,6)
3 März	13 .	19 (1)	17 (3)	5 .	**54 (4)**	36 (4)	18 .	**7,3 (0,5)**	4,8 (0,5)
4 April	6 (6)	8 (4)	7 (6)	14 (4)	**35 (20)**	15 (10)	20 (10)	**4,9 (2,8)**	2,1 (1,4)
5 Mai	21 .	39 (2)	44 (7)	27 (7)	**131 (16)**	83 (9)	48 (7)	**17,6 (2,2)**	11,2 (1,2)
6 Juni	63 (20)	76 (20)	86 (24)	**74 (19)**	**299 (83)**	162 (44)	137 (39)	**41,5 (11,5)**	22,5 (6,1)
7 Juli	45 (1)	31 .	26 (3)	30 (3)	**132 (7)**	57 (3)	75 (4)	**17,7 (0,9)**	7,7 (0,4)
8 August	9* (4)	17 (3)	26 (2)	18 (5)	**70 (14)**	43 (5)	27 (9)	**9,4 (1,9)**	5,8 (0,7)
9 September	9 (6)	17 .	16 (3)	7 .	**49 (9)**	33 (3)	16 (6)	**6,8 (1,3)**	4,6 (0,4)
10 Oktober	53 (11)	77 (20)	55 (18)	42 (11)	**227 (60)**	132 (38)	95 (22)	**30,5 (8,1)**	17,7 (5,1)
11 November	35 (11)	32 (11)	33 (13)	33 (13)	**133 (48)**	65 (24)	68 (24)	**18,5 (6,7)**	9,0 (3,3)
12 Dezember	38 (8)	38 (19)	41 (11)	41 (2)	**158 (43)**	79 (30)	79 (13)	**21,2 (5,8)**	10,6 (4,0)
Zusammen	389 (104)	460 (124)	456 (122)	381 (87)	**1686 (437)**	916 (246)	770 (191)	**19,2 (5,0)**	10,4 (2,8)

1885

Monat	12—6	6—12	12—6	6—12	Zusammen	Tag	Nacht	Zusammen	davon bei Tag
1 Januar	7 .	5 .	10 .	12 .	**34 .**	15 .	19 .	**4,6 .**	2,0 .
2 Februar	9 .	10 (2)	19 .	11 (2)	**49 (4)**	29 (2)	20 (2)	**7,2 (0,6)**	4,3 (0,3)
3 März	**38 (10)**	25 (9)	**44** (2)	37 (6)	**144 (27)**	69 (11)	75 (16)	**19,4 (3,6)**	9,3 (1,5)
4 April	12 (6)	23 (3)	21 (5)	8 (5)	**64 (19)**	44 (8)	20 (11)	**8,9 (2,6)**	6,1 (1,1)
5 Mai	51 (9)	**47** (9)	37 (10)	**47 (18)**	**182 (46)**	84 (19)	98 (27)	**24,5 (6,2)**	11,3 (2,6)
6 Juni	27 .	25 (1)	20 .	22 (5)	**94 (6)**	45 (1)	49 (5)	**13,1 (0,8)**	6,3 (0,1)
7 Juli	44 (2)	41 .	35 .	42 .	**162 (2)**	76 .	86 (2)	**21,8 (0,3)**	10,2 .
8 August	10 .	34 (2)	26 .	11 (1)	**81 (3)**	60 (2)	21 (1)	**10,9 (0,4)**	8,1 (0,3)
9 September	36 (3)	42 (19)	33 (7)	33 (5)	**144 (34)**	75 (26)	69 (8)	**20,0 (4,7)**	10,4 (3,6)
10 Oktober	28 (5)	15 .	23 (4)	21 (3)	**87 (12)**	38 (4)	49 (8)	**11,7 (1,6)**	5,1 (0,5)
11 November	19 .	20 (8)	15 (8)	17 (9)	**71 (25)**	35 (16)	36 (9)	**9,9 (3,5)**	4,9 (2,2)
12 Dezember	**54 (10)**	45 (17)	40 **(16)**	41 (7)	**180 (50)**	85 (33)	95 (17)	**24,2 (6,7)**	11,4 (4,4)
Zusammen	335 (45)	332 (70)	323 (52)	302 (61)	**1292 (228)**	655 (122)	637 (106)	**14,7 (2,6)**	7,5 (1,4)

Tabelle δ.

Anzahl der Stunden (Prozente von Monatsstunden), in welchen der Wind in Wien (Hohe Warte) eine größere Geschwindigkeit als 30 (resp. 50) km per Stunde, d. i. mehr als 8 (resp. 14) m per Sekunde besaß.

	Monat	Der Wind wehte x Stunden mit einer größeren Geschwindigkeit von .... bis				Zusammen	wehte x Stunden bei		In %-Stunden	
		12–6	6–12	12–6	6–12		Tag	Nacht	Zusammen	davon bei Tag
	1886									
1	Januar . .	33 (6)	25 (2)	22 (6)	25 (5)	**105 (19)**	47 (8)	58 (11)	**14,1 (2,6)**	6,3 1,1
2	Februar .	8 .	12 .	3 .	5 .	**28 .**	15 .	13 .	**4,2 .**	4.2 .
3	März . . .	**49** (5)	47 (9)	51 (10)	36 (7)	**183 (31)**	98 (19)	85 (12)	**24,6 (4,2)**	13.2 2.6
4	April . . .	16 .	19 .	28 (1)	15 (2)	**78 (3)**	47 (1)	31 (2)	**10,8 (0,4)**	6.5 0,1
5	Mai . . .	39 (6)	65 (8)	**63** (3)	36 (4)	**203 (21)**	128 (11)	75 (10)	**27,2 (2,8)**	17.2 1.5
6	Juni . . .	44 (**18**)	49 (18)	45 (**23**)	43 (**15**)	**181 (74)**	94 (41)	87 (33)	**25,1 (10,3)**	13,1 5.7
7	Juli . . .	28 (6)	21 .	31 (3)	28 (7)	**108 (16)**	52 (3)	56 (13)	**14,5 (2,2)**	7,0 0.4
8	August . .	13 .	19 .	24 .	16 (3)	**72 (3)**	43 .	29 (3)	**9,7 (0,4)**	5,8 .
9	September .	13 (5)	20 (3)	21 .	7 (1)	**61 (9)**	41 (3)	20 (6)	**8,5 (1,3)**	5,7 0.4
10	Oktober. .	19 (2)	24 (4)	32 (4)	19 (3)	**94 (13)**	56 (8)	38 (5)	**12,6 (1,7)**	7,5 0.7
11	November .	41 (2)	41 (8)	41 (15)	34 (14)	**157 (39)**	82 (23)	75 (16)	**21,8 (5,4)**	11,4 3.2
12	Dezember .	46 (**18**)	**70** (**19**)	58 (18)	**44** 12)	**218 (67)**	128 (37)	90 (30)	**29,2 (9,1)**	17.2 5,0
	Zusammen	349 (68)	412 (71)	419 (83)	308 (73)	**1488 (295)**	831 (154)	657 (141)	**17,0 (3,4)**	9,5 1,8
	1887									
1	Januar . .	22 (12)	20 (8)	17 (6)	25 (9)	**84 (35)**	37 (14)	47 (21)	**11,3 (4,7)**	5,0 1,9
2	Februar. .	21 .	29 (3)	38 (2)	27 (1)	**115 (6)**	67 (5)	48 (1)	**17,1 (0,9)**	10,0 0,7
3	März . . .	**46** (**18**)	56 (9)	**74** (6)	39 (3)	**215 (36)**	130 (15)	85 (21)	**28,9 (4,8)**	17,5 2,0
4	April . . .	**46** (8)	48 (5)	53 (7)	43 (9)	**190 (29)**	101 (12)	89 (17)	**26,4 (4,0)**	14.0 1.7
5	Mai . . .	41 .	50 (11)	58 (10)	**49** (9)	**198 (30)**	108 (21)	90 (9)	**26,6 (4,0)**	14,5 (2,8)
6	Juni . . .	38 (1)	48 (4)	50 (10)	43 (8)	**179 (23)**	98 (14)	81 (9)	**24,9 (3,2)**	13,6 (1,3)
7	Juli . . .	16 (3)	18 .	29 (4)	22 (3)	**85 (10)**	47 (4)	38 (6)	**11,4 (1,3)**	6,3 (0,5)
8	August . .	32 (6)	37 (8)	59 (**16**)	36 (5)	**164 (35)**	96 (24)	68 (11)	**22,0 (4,7)**	12,9 3,2
9	September .	45 .	34 .	27 (1)	35 (1)	**141 (2)**	61 (1)	80 (1)	**19,6 (0,3)**	8,5 (0,1)
10	Oktober. .	41 (3)	**59** (7)	51 (3)	30 (3)	**181 (16)**	110 (10)	71 (6)	**24,3 (2,2)**	14,8 (1,3)
11	November .	35 (1)	34 (3)	24 (5)	22 (1)	**115 (10)**	58 (8)	57 (2)	**16,0 (1,4)**	8,1 0.3
12	Dezember .	42 (10)	50 (16)	62 (14)	46 (**11**)	**200 (51)**	112 (30)	88 (21)	**26,9 (6,9)**	15,0 (4,2)
	Zusammen	425 (62)	483 (74)	542 (84)	417 (63)	**1867 (283)**	1025 (158)	842 (125)	**21,3 (3,2)**	11,7 (1,8)

Tabelle δ.

Anzahl der Stunden (Prozente von Monatsstunden), in welchen der Wind in Wien (Hohe Warte) eine größere Geschwindigkeit als 30 (resp. 50) km per Stunde, d. i. mehr als 8 (resp. 14) m per Sekunde besaß.

	Monat	Der Wind wehte x Stunden mit einer größeren Geschwindigkeit von .... bis				Zusammen	wehte x Stunden bei		in %-Stunden	
		12–6	6–12	12–6	6–12		Tag	Nacht	Zusammen	davon bei Tag
	1888									
1	Januar	77 (18)	65 (21)	71 (24)	78 (34)	291 (97)	136 (45)	155 (52)	39,1 (13,0)	18,3 (6,1)
2	Februar	30 (10)	19 (7)	21 (6)	27 (7)	97 (30)	40 (13)	57 (17)	15,4 (4,3)	5,7 (1,9)
3	März	57 (21)	83 (22)	78 (28)	41 (18)	259 (89)	161 (50)	98 (39)	34,8 (11,9)	21,6 (6,7)
4	April	38 (12)	37 (5)	45 (3)	31 (10)	151 (30)	82 (8)	69 (22)	11,4 (1,1)	11,3 (1,1)
5	Mai	11 .	19 .	37 .	23 (2)	90 (2)	56 .	34 (2)	12,1 (0,3)	7,5 .
6	Juni	34 (2)	25 .	24 .	32 (5)	115 (7)	49 .	66 (7)	15,4 (1,0)	6,8 .
7	Juli	52 (7)	68 (15)	60 (12)	47 (6)	227 (40)	128 (27)	99 (13)	30,5 (5,4)	17,2 (3,6)
8	August	43 (6)	39 (10)	45 (7)	36 (1)	163 (24)	84 (17)	79 (7)	21,9 (3,2)	11,2 (2,3)
9	September	9 (6)	8 (5)	13 (4)	8 .	38 (15)	21 (9)	17 (6)	5,3 (2,1)	2,9 (1,3)
10	Oktober	38 (4)	39 (3)	47 (2)	37 (3)	161 (12)	86 (5)	75 (7)	21,6 (1,6)	11,6 (0,7)
11	November	35 (26)	53 (21)	53 (21)	37 (27)	178 (95)	106 (42)	72 (53)	24,7 (13,2)	14,7 (5,8)
12	Dezember	23 (8)	24 (8)	21 (2)	29 (2)	97 (20)	45 (10)	52 (10)	13,0 (2,7)	6,1 (1,3)
	Zusammen	447 (120)	479 (117)	515 (109)	426 (115)	1867 (461)	994 (226)	873 (235)	21,2 (5,3)	11,3 (2,6)
	1889									
1	Januar	44 (16)	36 (13)	45 (9)	43 (13)	168 (51)	81 (22)	87 (29)	22,6 (6,8)	10,9 (2,9)
2	Februar	79 (32)	77 (31)	75 (29)	65 (24)	296 (116)	152 (60)	144 (56)	44,0 (17,2)	22,6 (8,9)
3	März	76 (18)	70 (32)	71 (18)	70 (19)	287 (87)	141 (50)	146 (37)	38,5 (11,7)	19,0 (6,8)
4	April	44 (11)	63 (8)	78 (20)	53 (18)	238 (57)	141 (28)	97 (29)	33,1 (7,9)	19,6 (3,9)
5	Mai	16 .	9 .	7 .	1 .	33 .	16 .	17 .	4,4 .	2,1 .
6	Juni	12 (2)	18 .	17 .	9 .	56 (2)	35 .	21 (2)	7,8 (0,3)	4,9 .
7	Juli	55 (8)	54 (4)	42 (5)	39 (7)	190 (24)	96 (9)	94 (15)	25,5 (3,2)	12,9 (1,2)
8	August	22 .	19 .	40 (9)	46 (5)	127 (14)	59 (9)	68 (5)	17,0 (1,9)	7,9 (1,2)
9	September	33 (2)	52 (5)	40 (5)	33 (2)	158 (14)	92 (10)	66 (4)	22,0 (1,9)	12,8 (1,4)
10	Oktober	16 (6)	42 (3)	43 (6)	20 (1)	121 (16)	85 (9)	36 (7)	16,3 (2,1)	11,4 (1,2)
11	November	25 (6)	34 (8)	31 (4)	26 (5)	116 (23)	65 (12)	51 (11)	16,1 (3,2)	9,0 (1,7)
12	Dezember	18 (8)	23 (9)	19 (1)	17 (4)	77 (22)	42 (10)	35 (12)	10,3 (3,0)	5,6 (1,3)
	Zusammen	440 (109)	497 (113)	508 (106)	422 (98)	1867 (426)	1005 (219)	862 (207)	21,3 (4,9)	11,5 (2,5)

Tabelle δ.

Anzahl der Stunden (Prozente von Monatsstunden), in welchen der Wind in Wien (Hohe Warte) eine größere Geschwindigkeit als 30 (resp. 50) km per Stunde, d. i. mehr als 8 (resp. 14) m per Sekunde besaß.

	Monat	Der Wind wehte x Stunden mit einer größeren Geschwindigkeit in der Zeit von .... bis				Zusammen Stunden	Wehte x Stunden bei		In %-Stunden	
		12—6	6—12	12—6	6—12		Tag	Nacht	Zusammen	davon bei Tag
	1890									
1	Januar . .	58 (11)	51 (16)	46 (18)	58 (14)	213 (59)	97 (34)	116 (25)	28,6 (7,9)	13,0 (4,6)
2	Februar . .	10 .	16 .	26 .	11 .	63 .	42 .	21 .	9,4 .	6,2 .
3	März . . .	45 (2)	55 (9)	55 (13)	29 (7)	184 (31)	110 (22)	74 (9)	24,7 (4,1)	14,8 (3,0)
4	April . .	38 (4)	35 (13)	37 (10)	35 (11)	145 (38)	72 (23)	73 (15)	20,1 (5,3)	10,0 (3,2)
5	Mai . . .	21 (8)	28 (7)	27 .	6 .	82 (15)	55 (7)	27 (8)	11,0 (2,0)	7,4 (0,9)
6	Juni . . .	53 (1)	59 (8)	61 (8)	48 (1)	221 (18)	120 (16)	101 (2)	30,7 (2,5)	16,7 (2,2)
7	Juli . . .	49 (5)	39 (3)	43 (1)	36 (9)	167 (18)	82 (4)	85 (14)	22,4 (2,4)	11,0 (0,5)
8	August . .	29 (6)	27 (5)	24 (4)	25 (2)	105 (17)	51 (9)	54 (8)	14,1 (2,3)	6,8 (1,2)
9	September.	50 (17)	56 (15)	67 (17)	43 (23)	216 (72)	123 (32)	93 (40)	30,0 (10,0)	17,1 (4,4)
10	Oktober .	36 (8)	66 (18)	50 (7)	42 (5)	194 (38)	116 (25)	78 (13)	26,1 (5,1)	15,6 (3,4)
11	November .	30 (8)	26 (6)	39 (15)	36 (20)	131 (49)	65 (21)	66 (28)	18,2 (6,8)	9,0 (2,9)
12	Dezember .	8	7 .	6 .	4 .	25 .	13 .	12 .	3,4 .	1,7 .
	Zusammen	427 (70)	465 (100)	481 (93)	373 (92)	1746 (355)	946 (193)	800 (162)	19,9 (4,1)	10,8 (2,2)
	1891									
1	Januar . .	45 (4)	48 (1)	68 (11)	63 (2)	224 (18)	116 (12)	108 (6)	30,1 (2,4)	15,6 (1,6)
2	Februar .	41 (14)	45 (9)	48 (8)	50 (14)	184 (45)	93 (17)	91 (28)	27,3 (6,8)	14,1 (2,6)
3	März . . .	46 (18)	58 (28)	65 (27)	39 (11)	208 (84)	123 (55)	85 (29)	28,0 (11,2)	16,5 (7,4)
4	April . .	28 .	40 .	44 (1)	15 (1)	127 (2)	84 (1)	43 (1)	17,2 (0,3)	11,6 (0,1)
5	Mai . . .	27 (5)	26 (4)	26 (2)	28 (6)	107 (17)	52 (6)	55 (11)	14,4 (2,3)	7,0 (0,8)
6	Juni . . .	32 .	48 (4)	37 (1)	23 (3)	140 (8)	85 (5)	55 (3)	19,4 (1,1)	11,8 (0,7)
7	Juli . . .	49 (7)	47 (5)	39 (1)	22 (2)	157 (15)	86 (6)	71 (9)	21,1 (2,0)	11,5 (0,8)
8	August . .	35 (1)	34 .	32 (3)	40 (3)	141 (7)	66 (3)	75 (4)	18,9 (0,9)	8,9 (0,4)
9	September.	15 .	15 (2)	16 .	9 (2)	55 (7)	31 (2)	24 (5)	7,6 (1,0)	4,3 (0,3)
10	Oktober .	3 (3)	18 (1)	32 (3)	7 .	60 (4)	50 (4)	10 .	8,1 (0,5)	6,7 (0,5)
11	November .	17 (4)	24 (3)	22 (2)	26 (9)	89 (18)	46 (5)	43 (13)	12,4 (2,5)	6,4 (0,7)
12	Dezember .	44 (9)	46 (14)	64 (28)	58 (16)	212 (67)	110 (42)	102 (25)	28,5 (9,0)	14,8 (5,6)
	Zusammen	382 (65)	449 (71)	493 (87)	380 (69)	1704 (292)	942 (158)	762 (134)	19,4 (3,3)	10,75 (1,8)

Tabelle δ.

Anzahl der Stunden (Prozente von Monatsstunden), in welchen der Wind in Wien (Hohe Warte) eine größere Geschwindigkeit als 30 (resp. 50) km per Stunde, d. i. mehr als 8 (resp. 14) m per Sekunde besaß.

1892

	Monat	Der Wind wehte x Stunden mit einer größeren Geschwindigkeit in der Zeit von .... bis				Zusammen Stunden	Wehte x Stunden bei		In %-Stunden	
		12—6	6—12	12—6	6—12		Tag	Nacht	Zusammen	davon bei Tag
1	Januar . .	49 (19)	63 (31)	56 (26)	50 (17)	218 (93)	119 (57)	99 (36)	29,3 (12,5)	16,0 (7,7)
2	Februar .	56 (8)	62 (11)	69 (9)	56 (14)	243 (42)	131 (20)	112 (22)	34,9 (6,0)	18,8 (2,9)
3	März . . .	19 (1)	39 (11)	50 (9)	32 (2)	140 (23)	89 (20)	51 (3)	18,8 (3,1)	12,0 (2,7)
4	April . . .	20 (3)	43 (13)	47 (7)	41 (2)	151 (25)	90 (20)	61 (5)	21,0 (3,5)	12,5 (2,8)
5	Mai . . .	31 (4)	36 (6)	42 (2)	23 .	132 (12)	78 (8)	54 (4)	17,7 (1,6)	10,5 (1,1)
6	Juni . . .	32 (2)	33 (2)	33 .	39 (3)	137 (7)	66 (2)	71 (5)	19,0 (1,0)	9,2 (0,3)
7	Juli . . .	51 .	38 (2)	32 (3)	36 (5)	157 (10)	70 (5)	87 (5)	21,1 (1,3)	9,4 (0,7)
8	August . .	25 (6)	17 .	31 (1)	26 (2)	99 (9)	48 (1)	51 (8)	13,3 (1,2)	6,5 (0,1)
9	September.	36 (7)	27 (1)	28 (4)	30 (6)	121 (18)	55 (5)	66 (13)	16,8 (2,5)	7,6 (0,7)
10	Oktober .	11 .	18 (0)	27 (3)	23 (1)	79 (4)	45 (3)	34 (1)	10,6 (0,5)	6,0 (0,4)
11	November .	9 (2)	7 (3)	3 .	5 (1)	24 (6)	10 (3)	14 (3)	3,3 (0,8)	1,4 (0,4)
12	Dezember .	56 (21)	55 (23)	50 (20)	46 (13)	207 (77)	105 (43)	102 (34)	27,8 (10,3)	14,0 (5,7)
	Zusammen	395 (73)	438 (103)	468 (84)	407 (66)	1708 (326)	906 (187)	802 (139)	19,4 (3,7)	10,3 (2,1)

1893

	Monat	12—6	6—12	12—6	6—12	Zusammen Stunden	Tag	Nacht	Zusammen	davon bei Tag
1	Januar . .	75 (11)	70 (13)	52 (12)	54 (11)	251 (47)	122 (25)	129 (22)	33,7 (6,3)	16,4 (3,4)
2	Februar .	53 (12)	62 (13)	56 (22)	41 (19)	212 (66)	118 (35)	94 (31)	31,5 (9,8)	17,6 (5,2)
3	März . . .	62 (10)	80 (20)	71 (12)	66 (6)	279 (48)	151 (32)	128 (16)	37,5 (6,5)	20,3 (4,3)
4	April . .	10 .	39 (1)	46 (1)	9 .	104 (2)	85 (2)	19 .	14,4 (0,3)	11,8 (0,3)
5	Mai . . .	41 (1)	37 (4)	49 (3)	45 (2)	172 (10)	86 (7)	86 (3)	23,1 (1,3)	11,5 (0,9)
6	Juni . . .	35 .	32 .	26 .	33 .	126 .	58 .	68 .	17,5 .	8,1 .
7	Juli . . .	29 (6)	26 .	27 (1)	21 (5)	103 (12)	53 (1)	50 (11)	13,8 (1,6)	7,1 (0,1)
8	August . .	18 .	29 .	37 (1)	14 .	98 (1)	66 (1)	32 .	13,2 (0,1)	8,9 (0,1)
9	September.	18 (4)	26 (2)	41 (3)	10 (1)	95 (10)	67 (5)	28 (5)	13,2 (1,4)	9,3 (0,7)
10	Oktober .	27 (15)	39 (19)	33 (5)	30 (5)	129 (44)	72 (24)	57 (20)	17,4 (5,3)	9,7 (3,2)
11	November .	16 (6)	19 (6)	40 (6)	16 (6)	91 (24)	59 (12)	32 (12)	12,6 (3,3)	8,2 (1,6)
12	Dezember .	26 (4)	25 (8)	26 (9)	33 (4)	110 (25)	51 (17)	59 (8)	14,8 (3,4)	6,9 (2,3)
	Zusammen	410 (69)	484 (86)	504 (75)	372 (59)	1770 (289)	988 (161)	782 (128)	20,2 (3,4)	11,3 (1,9)

Tabelle δ.

Anzahl der Stunden (Prozente von Monatsstunden) in welchen der Wind, in Wien (Hohe Warte) eine größere Geschwindigkeit als 30 (resp. 50) km per Stunde, d. i. mehr als 8 (resp. 14) m per Sekunde besaß.

	Monat	Der Wind wehte x Stunden mit einer größeren Geschwindigkeit in der Zeit von .... bis				Zusammen Stunden	Wehte x Stunden bei		In %-Stunden	
		12—6	6—12	12—6	**12—6**		Tag	Nacht	Zusammen	davon bei Tag
	1894									
1	Januar	19 (6)	21 (6)	30 (4)	15 .	**85 (16)**	51 (10)	34 (6)	**11,4 (2,1)**	6,9 (1,3)
2	Februar	**80 (30)**	**91 (34)**	**94 (52)**	**82 (34)**	**347 (150)**	185 (86)	162 (64)	**51,6 (22,3)**	27,5 (12,8)
3	März	40 (12)	53 (10)	62 (6)	38 (6)	**193 (34)**	115 (16)	78 (18)	**25,9 (4,6)**	15,5 (2,2)
4	April	15 (1)	16 (2)	32 (2)	12 .	**75 (5)**	48 (4)	27 (1)	**10,4 (0,7)**	6,7 (0,6)
5	Mai	28 (5)	39 (8)	45 (5)	34 (2)	**146 (20)**	84 (13)	62 (7)	**19,6 (2,7)**	11,3 (1,7)
6	Juni	73 (4)	77 (2)	76 (1)	56 (2)	**282 (9)**	153 (3)	129 (6)	**39,2 (1,3)**	21,3 (0,4)
7	Juli	27 (12)	26 (2)	15 (2)	29 (8)	**97 (24)**	41 (4)	56 (20)	**13,0 (3,2)**	5,5 (0,5)
8	August	54 (5)	46 (5)	34 (5)	41 (3)	**175 (18)**	80 (10)	95 (8)	**23,5 (2,4)**	10,8 (1,3)
9	September	28 (5)	35 (1)	26 .	26 .	**115 (6)**	61 (1)	54 (5)	**16,0 (0,1)**	8,5 (0,1)
10	Oktober	19 (5)	28 (5)	37 (10)	22 (3)	**106 (23)**	65 (15)	41 (8)	**14,2 (3,1)**	8,7 (2,0)
11	November	8 .	11 (4)	9 (4)	9 (1)	**37 (9)**	20 (8)	17 (1)	**5,1 (1,3)**	2,8 (1,1)
12	Dezember	38 (6)	56 (3)	42 (2)	44 (3)	**180 (14)**	98 (5)	82 (9)	**24,2 (1,9)**	13,2 (0,7)
	Zusammen	429 (91)	499 (82)	502 (93)	408 (62)	**1838 (328)**	1001 (175)	837 (153)	**21,0 (3,7)**	**11,4 (2,0)**
	1895									
1	Januar	31 (13)	**61 (17)**	**70** (13)	43 (15)	**205 (58)**	131 (30)	74 (28)	**27,5 (7,8)**	17,6 (4,0)
2	Februar	44 (1)	59 (3)	56 .	43 .	**202 (4)**	115 (3)	87 (1)	**30,1 (0,6)**	17,1 (0,4)
3	März	**46** (8)	57 (5)	57 **(15)**	39 (5)	**199 (33)**	114 (20)	85 (13)	**26,7 (4,4)**	15,3 (2,7)
4	April	10 (2)	9 .	18 .	2 (1)	**39 (3)**	27 .	12 (3)	**5,4 (0,4)**	3,8 .
5	Mai	29 (1)	37 (5)	30 (9)	18 (3)	**114 (18)**	67 (14)	47 (4)	**15,3 (2,4)**	9,0 (1,9)
6	Juni	29 (3)	25 (1)	35 (4)	27 (2)	**116 (10)**	60 (5)	56 (5)	**16,1 (1,4)**	8,3 (0,7)
7	Juli	35 (5)	25 .	15 .	23 (4)	**98 (9)**	40 .	58 (9)	**13,2 (1,2)**	5,4 .
8	August	31 (1)	35 (4)	40 (1)	26 (1)	**132 (7)**	75 (5)	57 (2)	**17,8 (0,9)**	10,1 (0,7)
9	September	20 .	28 .	26 .	26 (2)	**100 (2)**	54 .	46 (2)	**13,9 (0,3)**	7,5 .
10	Oktober	33 (6)	29 (5)	34 (7)	35 (3)	**131 (21)**	63 (12)	68 (9)	**17,6 (2,8)**	8,5 (1,6)
11	November	11 (1)	10 (1)	14 .	6 .	**41 (2)**	24 (1)	17 (1)	**5,7 (0,3)**	3,3 (0,1)
12	Dezember	39 **(21)**	42 (13)	55 (13)	**49 (16)**	**185 (63)**	97 (26)	88 (37)	**24,8 (8,5)**	13,0 (3,5)
	Zusammen	358 (62)	417 (54)	450 (62)	337 (52)	**1562 (230)**	867 (116)	695 (114)	**17,8 (2,6)**	**9,9 (1,3)**

Tabelle δ.

Anzahl der Stunden (Prozente von Monatsstunden), in welchen der Wind in Wien (Hohe Warte) eine größere Geschwindigkeit als (30 resp.) 50 km per Stunde, d. i. mehr als 8 (resp. 14) m per Sekunde besaß.

	Monat	Der Wind wehte x Stunden mit einer größeren Geschwindigkeit in der Zeit von .... bis				Zusammen Stunden	Wehte x Stunden bei		In %-Stunden	
		12—6	6—12	12—6	6—12		Tag	Nacht	Zusammen	davon bei Tag
	1896									
1	Januar	30 (8)	41 (8)	45 (6)	36 (17)	152 (39)	86 (14)	66 (25)	20,4 (5,2)	11,5 (1,9)
2	Februar	42 (16)	59 (15)	55 (19)	38 (11)	194 (61)	114 (34)	80 (27)	27,9 (8,8)	16,4 (4,9)
3	März	48 (4)	55 (15)	41 (5)	32 (3)	176 (27)	96 (20)	80 (7)	23,7 (3,6)	12,9 (2,7)
4	April	58 .	48 (2)	42 (1)	41 (1)	189 (4)	90 (3)	99 (1)	26,3 (0,6)	12,5 (0,4)
5	Mai	36 .	33 (3)	38 (6)	35 (4)	142 (13)	71 (9)	71 (4)	19,1 (1,7)	9,5 (1,2)
6	Juni	40 (11)	44 (6)	45 (4)	33 (10)	162 (31)	89 (10)	73 (21)	22,5 (4,3)	12,4 (1,4)
7	Juli	37 (7)	39 (5)	42 (3)	26 (1)	144 (16)	81 (8)	63 (8)	19,4 (2,2)	10,9 (1,1)
8	August	29 (4)	34 (1)	37 (5)	30 (6)	130 (16)	71 (6)	59 (10)	17,4 (2,1)	9,5 (0,8)
9	September	33 (2)	21 .	26 .	23 (3)	103 (5)	47 .	56 (5)	14,3 (0,7)	6,5 .
10	Oktober	8 (3)	14 (1)	23 (2)	14 (6)	59 (12)	37 (3)	22 (9)	7,9 (1,6)	5,0 (0,4)
11	November	29 (3)	47 (5)	49 (9)	43 (10)	168 (27)	96 (14)	72 (13)	23,3 (3,8)	13,3 (1,9)
12	Dezember	26 (6)	34 (5)	30 (6)	30 (2)	120 (19)	64 (11)	56 (8)	16,1 (2,6)	8,6 (1,5)
	Zusammen	416 (64)	469 (66)	473 (66)	381 (74)	1739 (270)	942 (132)	797 (138)	19,8 (3,1)	10,7 (1,5)
	1897									
1	Januar	31 (14)	47 (22)	45 (15)	36 (12)	159 (63)	92 (37)	67 (26)	21,4 (8,5)	12,4 (5,0)
2	Februar	57 (18)	52 (12)	46 (14)	46 (15)	201 (59)	98 (26)	103 (33)	29,9 (8,8)	14,6 (3,9)
3	März	43 (4)	51 (13)	60 (8)	46 (11)	200 (36)	111 (21)	89 (15)	26,9 (4,8)	14,9 (2,8)
4	April	26 (3)	36 .	30 (3)	23 (3)	115 (9)	66 (3)	49 (6)	16,0 (1,3)	9,2 (0,4)
5	Mai	52 (7)	46 (4)	49 (14)	52 (10)	199 (35)	95 (18)	104 (17)	26,7 (4,7)	12,8 (2,4)
6	Juni	37 (3)	33 (1)	32 (2)	27 (1)	129 (7)	65 (3)	64 (4)	17,9 (1,0)	9,0 (0,4)
7	Juli	39 (3)	40 (4)	40 (15)	61 (17)	180 (39)	80 (19)	100 (20)	24,2 (5,3)	10,8 (2,6)
8	August	19 (3)	17 .	18 (3)	12 .	66 (6)	35 (3)	31 (3)	8,9 (0,8)	4,7 (0,4)
9	September	26 (4)	32 (3)	33 .	16 (1)	107 (8)	65 (3)	42 (5)	14,9 (1,1)	9,0 (0,4)
10	Oktober	40 .	34 .	37 .	41 .	152 .	71 .	81 .	20,4 .	9,5 .
11	November	17 (2)	33 (7)	28 (2)	24 (1)	102 (12)	61 (9)	41 (3)	14,2 (1,7)	8,5 (1,3)
12	Dezember	6 .	17 .	13 .	10 .	46 .	30 .	16 .	6,2 .	4,0 .
	Zusammen	393 (61)	438 (66)	431 (76)	394 (71)	1656 (274)	869 (142)	787 (132)	18,9 (3,1)	9,9 (1,6)

Tabelle δ.

Anzahl der Stunden (Prozente von Monatsstunden), in welchen der Wind in Wien (Hohe Warte) eine größere Geschwindigkeit als 30 (resp. 50) km per Stunde, d. i. mehr als 8 (resp. 14) m per Sekunde besaß.

	Monat	Der Wind wehte x Stunden mit einer größeren Geschwindigkeit in der Zeit von .... bis .... 12—6	6—12	12—6	6—12	Zusammen Stunden	Wehte x Stunden bei Tag	Nacht	In %-Stunden Zusammen	davon bei Tag
	1898									
1	Januar	32 (19)	37 (24)	31 (24)	35 (18)	135 (85)	68 (48)	67 (37)	18,1 (11,4)	9,1 (6,4)
2	Februar	48 (13)	53 (20)	55 (17)	38 (9)	194 (59)	108 (37)	86 (22)	28,9 (8,9)	16,1 (5,5)
3	März	16 (4)	24 .	50 (11)	30 (9)	120 (24)	74 (11)	46 (13)	16,1 (3,2)	9,9 (1,5)
4	April	44 (11)	61 (12)	64 (9)	30 (5)	199 (37)	125 (21)	74 (16)	27,6 (5,1)	17,3 (2,9)
5	Mai	26 (4)	32 .	26 .	16 .	100 (4)	58 .	42 (4)	13,4 (0,5)	7,8 .
6	Juni	30 (3)	29 (12)	16 (1)	18 (2)	93 (18)	45 (13)	48 (5)	12,9 (2,5)	6,3 (1,8)
7	Juli	35 (12)	46 (2)	46 (2)	34 (3)	161 (19)	92 (4)	69 (15)	21,5 (2,6)	12,4 (0,5)
8	August	26 (4)	23 (6)	20 (7)	22 (1)	91 (18)	43 (13)	48 (5)	12,2 (2,4)	5,8 (1,7)
9	September	4 .	12 .	14 .	5 .	35 .	26 .	9 .	4,9 .	3,6 .
10	Oktober	5 .	12 .	10 (4)	3 (1)	30 (5)	22 (4)	8 (1)	4,0 (0,7)	3,0 (0,5)
11	November	3 .	10 .	17 (8)	3 (3)	33 (11)	27 (8)	6 (3)	4,6 (1,5)	3,8 (1,1)
12	Dezember	56 (16)	71 (18)	70 (11)	45 (17)	242 (62)	141 (29)	101 (33)	32,5 (8,3)	18,5 (3,9)
	Zusammen	325 (86)	410 (94)	419 (94)	279 (68)	1433 (342)	829 (188)	604 (154)	16,3 (3,9)	9,5 (2,1)
	1899									
1	Januar	42 (13)	54 (29)	48 (10)	52 (7)	196 (59)	102 (39)	94 (20)	26,3 (7,9)	13,7 (5,2)
2	Februar	30 (8)	28 (3)	21 .	19 (2)	98 (13)	49 (3)	49 (10)	14,6 (1,9)	7,3 (0,4)
3	März	44 (14)	49 (20)	64 (13)	41 (12)	198 (59)	113 (33)	85 (26)	26,6 (7,9)	15,2 (4,4)
4	April	43 (12)	45 (15)	57 (6)	44 (4)	189 (37)	102 (21)	87 (16)	26,8 (5,1)	14,1 (2,9)
5	Mai	47 (7)	51 (17)	52 (13)	41 (12)	191 (49)	103 (30)	88 (19)	25,7 (6,6)	13,8 (4,0)
6	Juni	30 (4)	27 (1)	21 .	22 (1)	100 (6)	48 (1)	52 (5)	13,9 (0,8)	6,7 (0,1)
7	Juli	50 (13)	45 (9)	50 (11)	36 (6)	181 (39)	95 (20)	86 (19)	24,3 (5,2)	12,8 (2,7)
8	August	25 .	26 (1)	24 (1)	12 .	87 (2)	50 (2)	37 .	11,7 (0,3)	6,7 (0,3)
9	September	23 (3)	25 .	29 .	15 (1)	92 (4)	54 .	38 (4)	12,8 (0,6)	7,5 .
10	Oktober	17 .	18 (2)	19 (1)	22 .	76 (3)	37 (3)	39 .	10,2 (0,4)	5,0 (0,4)
11	November	59 (17)	67 (24)	68 (20)	61 (24)	255 (85)	135 (44)	120 (41)	35,4 (11,8)	18,8 (6,1)
12	Dezember	29 (16)	32 (12)	35 (10)	34 (10)	130 (48)	67 (22)	63 (26)	17,5 (6,4)	9,0 (3,0)
	Zusammen	439 (107)	467 (133)	488 (85)	399 (79)	1793 (404)	955 (218)	838 (186)	20,5 (4,6)	10,9 (2,5)

Tabelle ε.

Gröfste in den betreffenden Monaten und Jahren auf dem Turme der Hohen Warte in Wien anemometrisch verzeichnete **Windgeschwindigkeiten** in **Kilometern** per Stunde.[108d])

Jahr	1884	1885	1886	1887	1888	1889	1890	1891	1892	1893	1894	1895	1896	1897	1898	1899
Januar . .	89	42	74	81	98	87	100	69	**106**	76	**87**	78	69	84	**109**	98
Februar . .	85	74	45	64	**106**	**109**	40	80	74	98	86	60	87	84	89	72
März . . .	84	83	81	81	90	88	85	**97**	96	**113**	68	84	72	70	69	91
April . . .	71	83	60	81	72	92	72	60	70	51	52	56	56	64	70	78
Mai . . .	97	84	93	**87**	51	47	68	71	71	64	65	64	60	70	62	80
Juni . . .	85	62	82	67	64	51	63	77	59	47	52	57	70	73	70	54
Juli . . .	80	52	92	58	75	66	86	75	64	73	74	66	67	**87**	74	80
August . .	68	65	58	73	81	88	80	73	78	50	63	59	**89**	66	63	56
September .	77	**86**	77	52	68	73	74	85	62	65	67	56	70	64	46	50
Oktober . .	100	67	**94**	63	68	87	88	63	66	78	75	76	88	48	65	52
November .	111	83	81	69	97	65	**107**	93	55	82	65	50	80	57	72	82
Dezember .	**130**	72	91	72	67	77	48	92	79	76	66	**106**	58	42	87	**104**
Jahr . . .	**130**	86	94	87	106	109	107	97	106	113	87	106	89	87	109	104

Über die Luftschiffmotorenfrage.

Der Maschinenkonstrukteur muss erst die zu überwindenden Widerstände — hier die durch die Bewegung des Luftschiffes in der Luft geweckten Luftwiderstände — kennen, dann kann er jene Energiemenge, welche zu deren Bewältigung nötig ist (unter genauer Berücksichtigung der auftretenden Effektverluste), bestimmen und hierzu die ihm am passendsten erscheinenden Motoren aus der vorhandenen, marktlagernden Ware wählen, oder selbst einen neuen Motor erfinden.

Die Bestimmung dieser Widerstände ist meist eine sehr schwierige Arbeit und setzt die genaue Kenntnis der Größe des Luftwiderstandes

voraus. Nachdem das Luftwiderstandsgesetz uns aber noch immer nur stückweise bekannt ist, so ist die Vornahme von Modellversuchen vor Ausführung eines Projektes dringend geboten, um wenigstens annähernd richtige Daten zu erhalten.

Über das Luftwiderstandsgesetz wolle man das ausgezeichnete Werk von Friedrich Ritter von Loessl »Die Luftwiderstandsgesetze, der Fall durch die Luft und der Vogelflug«, im Jahre 1896 bei A. Hölder in Wien erschienen, nachlesen. Eine ausführliche Besprechung dieses Werkes mit Angabe der hauptsächlichsten Forschungsresultate erschien von mir in den »Technischen Blättern des deutschen polytechnischen Vereines« in Prag 1900 und als Sonderabdruck unter dem Titel »Das Loessl'sche Luftwiderstandsgesetz und seine Anwendung in der Flugtechnik«.

Auf den Seiten 97 und 98 sowie auf den Seiten 130—133 wurde unter Zugrundelegung des eben erwähnten Loessl'schen Luftwiderstandsgesetzes der Weg gezeigt, wie man jene Anzahl von Pferdestärken ermitteln kann, welche zur Fortbewegung eines Luftballons von gegebenem Durchmesser und gewünschter Geschwindigkeit erforderlich sind.

Renard gibt in seiner bemerkenswerten Broschüre: »Le ballon dirigeable« p. 7 hierzu folgende Formeln an:

Wenn man mit R den Widerstand (in kg), den der Ballon »La France« bei der Bewegung mit der Spitze voran erfährt, bezeichnet und mit v seine Geschwindigkeit (in m), mit A die beim Zuge geradeaus geleistete Arbeit (in kgm), mit T die Arbeit am Umfang der Schraubenwelle und mit T' die an den Grenzen des Motors, so kann man aus unseren Versuchen die folgenden Formeln ableiten:

$$R = 1{,}189\, v^2$$
$$A = 1{,}189\, v^3$$
$$T = 2{,}300\, v^3$$
$$T' = 2{,}800\, v^3$$

Für eine Eigengeschwindigkeit von 10 m, welche ausreicht, um die Lenkbarkeit in den meisten Fällen zu gewähren, würde man haben:

$$R = 118{,}9 \text{ kg}$$
$$A = 118{,}9 \text{ kgm}$$
$$T = 2300 \text{ kgm (30,6 P.S.)}$$
$$T' = 2800 \text{ kgm (37,3 P.S.)}$$

Allgemein würde man für einen Ballon von D Meter Durchmesser haben:

$$R = 0{,}01685\, D^2\, v^2$$
$$A = 0{,}01685\, D^2\, v^3$$
$$T = 0{,}03260\, D^2\, v^3$$
$$T' = 0{,}03970\, D^2\, v^3$$

Es ist nun interessant, die Resultate aus beiden Formeln miteinander zu vergleichen.

Nach der Loessl'schen Formel wäre:

$$N = 0{,}0002082\, D^2 v^3,$$

nach der Formel von Renard

$$\boldsymbol{T = 0{,}0326\, D^2 v^3.}$$

Nun ist aber:

$$N = \frac{T}{75},\ \text{folglich}\ T = 75\, N.$$

Die Loessl'sche Formel schreibt sich sonach auch:

$$\boldsymbol{T = 0{,}015615\, D^2 v^3,}$$

das heißt, auf Grund der Renard'schen Ballonversuche würde man fast die doppelte Anzahl von Pferdestärken wie nach der Formel von Loessl benötigen. Es erklärt sich dies dadurch, dass in letzterer Formel kein Wirkungsgrad der Maschine berücksichtigt ist, was der Formel, welche eine rein physikalische ist, nicht zum Vorwurf gemacht werden darf.

Es sei noch bemerkt, dass in beiden Formeln die gleichen Reduktionskoeffizienten angenommen wurden und beide Formeln auf Grund von Versuchen entstanden sind. Mehrere Forscher behaupten im Gegensatze zu von Loessl, größere Flächen besäßen einen kleineren Luftwiderstand als kleine Flächen. Welche Seite Recht hat, ist schwer zu entscheiden. Es ist dies offenbar ein Feld, das noch durch Vornahme vieler Experimente sehr der Klärung bedarf.[108c)]

Der Umstand, dass fast von allen Seiten die meisten bis jetzt gebauten lenkbaren Ballons mit einer zu geringen Anzahl von Pferdestärken ausgestattet wurden, ist schuld an ihrem Fiasko. Stets trachtete man, abgeschreckt durch die großen Volumsverhältnisse und den dadurch bedingten großen Traggasverbrauch, den Ballon thunlichst klein zu gestalten, und wählte im Verhältnis zur Stirnfläche des Ballons zu kleine Effekte.

Bei der ersten Projektirung machte man daher gleich anfangs den Ballon zu klein. Hatte man sich aber für einen solchen entschlossen, so kalkulierte man weiter: Die Hülle, die Gondel etc. wiegt so und so viel, es bleibt somit nur mehr soviel für den Motor übrig, das heißt, der Motor dürfte nur mehr dieses bestimmte Gewicht wiegen. Damit kam man aber nicht zum Ziele, weil man mit dem kleinen restierenden Gewichte keinen Motor von entsprechender Leistungsfähigkeit bauen konnte. Deshalb hätte man sagen sollen: »Ich will dem Ballon eine Eigengeschwindigkeit von x m geben, dazu brauche ich bei einem nach der Regula falsi ermittelten Ballon y Pferdestärken, diese wiegen z kg. Dieses Gewicht muß der Ballon samt der Nutzlast von z' kg hoch nehmen; daher brauche ich einen Ballon, der $(z + z')$ kg tragen können muß und ausserdem natürlich noch sich selbst.«

Nach der Regula falsi ist jetzt unter Berücksichtigung des Hüllen- und Gondelgewichtes das Totalgewicht und daraus das Volumen des Ballons zu rechnen. So vorgehen kann man aber nur auf Grund vieler Vergleichsrechnungen, wie ich sie durchgeführt habe.

Die beigefügten Tabellen werden in dieser Richtung vielfach willkommene Fingerzeige geben können.

Bei näherer Prüfung der in der Tafel III enthaltenen Curven wird man finden, dass große Ballons unverhältnismäßig leichter eine erhebliche Erhöhung ihrer Pferdestärken vertragen als kleinere Luftschiffe.

Betrachten wir den Entwicklungsgang der die Ballonbestandteile liefernden technischen Zweige etwas näher, so bemerken wir nach allen Seiten hin ein kontinuierliches Vorwärtsschreiten, eine unaufhaltsame Entwicklung der einzelnen technologischen und maschinentechnischen Elemente. Am auffallendsten ist dies bei den Ballonmotoren der Fall.

Aus der folgenden Zusammenstellung geht deutlich hervor, in welch' hervorragender Weise der fortschreitenden Technik die Lösung des Problems gelingt, immer leichtere Motoren zu schaffen.

Hier möchte ich aber noch einmal darauf aufmerksam machen, wie vorsichtig man die Daten über die verschiedenen Gewichtsangaben aufnehmen soll. Ich gestehe ganz offen, dass ich ihnen allen recht skeptisch gegenüberstehe, so lange ich nicht auf Grund ganz genauer Pläne, oder noch besser auf Grund kontrollierter Wägungen, auf ihre völlige Richtigkeit schließen kann. Von allen bis jetzt gebauten Luftschiffen stehen mir leider trotz eifrigster Nachforschung diese Daten nur ganz roh zur Verfügung, auch die von mir nachstehend wiedergegebenen Zahlen bezüglich der Gewichte der Ballonmotoren können demnach nur auf eine approximative Richtigkeit Anspruch erheben.[108f]

Eine Pferdestärke wog im Jahre:

1852	bei	Giffard	ca.	290 kg
1872	»	Haenlein	»	146 »
1883	»	Tissandier. . . .	»	186 »
1884	»	Renand-Krebs . .	»	77 »
1896	»	Schwarz	»	42 »
1899	»	Zeppelin	»	30 »
1900	»	Daimler-Motor . .	»	8 »
1901	»	Buchet	»	4,5 »

In der »Zeitschrift des Vereines Deutscher Ingenieure« ist im Heft Nr. 32 des Jahres 1900 von Güldner eine sehr lehrreiche Tabelle über Automobilmotoren erschienen.[109]

Ich gebe sie hier auszugsweise wieder und ergänze sie durch einige neue Typen. Vorauschicken will ich, dass für Viertaktmotoren

$$N_e = \frac{p_e \frac{\pi d^2}{4} s n}{60 \cdot 75 \cdot 2}$$

ist, oder d und s gleichzeitig in Meter eingesetzt,

$$N_e = \frac{10000\, p_e\, \pi d^2 s n}{60 \cdot 75 \cdot 2 \cdot 4} \text{ P.S.}$$

Explosivmotorentabelle.[110])

Nr.	Motorbauart	Nennleistung N_e	Cylinder Durchmesser d	Kolbenhub s	Minimalumdrehung n	Kolbenhub s / Durchm. d	Kolbengeschwindigkeit c	$p_e = \frac{N_e \cdot 75{,}4}{q c z}$	$x = \frac{N_e}{d^2 s n r}$	Motorgewicht einschließlich Schwungrad G	$\frac{G}{N_e}$ = Gewicht einer Pferdestärke
		P.S.	cm	cm			m/sec.	kg/qcm		kg	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	de Dion & Bouton . .	0,75	5,8	7.2	1500	1.24	3.60	2.37	2,07	23	30
2	de Dion & Bouton . .	1.25	6,2	7.2	1800	1,16	4,32	2,87	2,51	24	19
3	Hunter	1,50	7,8	3.9	800	0,50	1,04	4,52	3,95	65	40
4	Cosmos	1.75	7,2	8.0	1200	1,11	3,20	4,04	3,52	28	16
5	de Dion & Bouton . .	1,75	6.6	7,2	2000	1,09	4,80	3.20	2,79	25	14
6	de Dion & Bouton . .	1,75	6,6	7,0	1800	1,06	4.20	3,66	3.19	24	13
7	Pennington	2,00	6,2	15,0	500	2,42	2,50	3.08	3,47	18	9,0
8	de Dion-Cudell	2,25	7 0	7,0	1800	1,00	4,20	4,18	3,64	26	11,5
9	Cosmos.	2.50	8.2	9,0	1200	1,10	3,60	3.95	3.44	32	13
10	de Dion-Cudell	3,00	8,0	8.0	1500	1,00	4.00	4.46	3,90	48	16
11	Kühlstein-Vollmer. .	4,0	10,5	12.0	750	1.14	3,00	4.61	4,02	130	32
12	Pennington . . .	4.0	6.2	15,0	500	2,425	2,50	3.99	3.475	225	5,6
13	Kühlstein-Vollmer. . .	6,0	12,0	14.0	700	1,17	3.27	2,43	2.125	180	30
14	Mees-Wetzikon	6,0	16,0	16.0	600	1.00	3.20	2,79	2.44	170	28
15	Dawson	6,0	8,9	12.7	800	1.43	3.38	2,84	2,49	163	27
16	Napier	7,00	10,2	15,2	750	1.49	3,80	3,38	2,95	136	19
17	Mees-Wetzikon . . .	8,00	18,0	18,0	550	1.00	3.30	2,86	2,49	210	26,2
18	Dawson	12,50	8,9	12,7	840	1,43	3,55	5,65	4,69	163	13,1
19	Daimler	36,00	.	.	.	.	.	.	.	370	10,3
20	Güldner	3,00	8,0	11,0	800	1,37	2,94	3,05	5,33	30	10
21	Güldner	5,00	10,0	13,0	675	1,30	2,92	3,25	5,72	55	11
22	Duplex-Niel.	6,00	14,5	12.0	600	0,83	2,40	2,27	3,96	180	30
23	Güldner	12,00	15,0	20,0	450	1,33	3,00	3,40	5,93	140	11,7



Scheidet man die für jeden Motor gegebenen Größen d, s und n aus und fasst man die verschiedenen Faktoren zusammen als:

$$\varkappa = \frac{10000\, p_e\, \pi}{60 \cdot 75 \cdot 2 \cdot 4},$$

so repräsentiert $\varkappa$ einen Vergleichskoeffizienten für die spezifischen Leistungen. Als Durchschnittswert ergibt sich rund $\varkappa = 3$ bei $p_e = 365$ kg (qcm).

Es ist demnach:

$$N_e = \varkappa d^2 s n \text{ in P.S. (alle Maße in Metern).}$$

Die Flugtechnik und die Luftschiffahrt treten an die Motoren mit zum Teil ganz neuen, bis jetzt fast bei keinen anderen Betrieben (Torpedoboote und Motorwägen ausgenommen) gestellten Anforderungen heran, welche separates Studium, eigene Versuche und kostspielige Erprobungen erfordern.

Von den bis jetzt gebräuchlichen Motoren sind für Luftschiffahrtszwecke folgende als primäre verwendbar: [110a])

1. Tierische Motoren.

2. Akkumulatoren und zwar Heizmateriale und elektrische Batterien.

3. Eigentliche Motoren, welche in sich fassen:

A. Dampfmaschinen.

α. Kolbendampfmaschine,
β. Dampfturbinen.

B. Explosivmotoren.

α. Gas-
β. Petroleum- } Motoren.
γ. Benzin-

D. Dynamos mit Primärbatterien.

Diese sekundären Motoren setzen stets tertiäre in Bewegung, welche ausschließlich aus flächenartigen Gebilden bestehen.

Wir unterscheiden hier:

1. Flügel.
2. Schaufelräder.
3. Luftschrauben.

Die Bedingungen, welche Luftschiffmotoren erfüllen sollen, sind folgende:

a. Das Gewicht des Motors soll im Verhältnis zu seiner Maximalleistung thunlichst klein sein.

b. Der Verbrauch an Speisematerial soll ein Minimum betragen.

c. Der Motor soll frei von erschütternden Stößen sein.

d. Er soll mit variabler Geschwindigkeit arbeiten können.

e. Kompendiös sein, also ein Minimum an Aufstellunsgraum für die Maschine erheischen.

f. Wenig Reparaturen und Bedienung bedürfen.

g. Ein Versagen nahezu ausschließen, dabei einen stets gleichmäßigen ruhigen Gang der Maschine bei großer Variabilität der Kraftentwicklung gewährleisten.

h. Einfach, übersichtlich und leicht zugänglich disponiert sein, die beweglichen Teile sind auf ein Minimum zu reduzieren.

i. Leicht auswechselbar und leicht reparierbar sein.

k. Durch eine längere Zeitdauer absolut sicher funktionieren.

l. Endlich soll das Maschinenfundament sämtliche freien Druckkräfte aufheben und sie thunlichst gleichmäßig auf das ganze Luftschiffgerippe übertragen.

m. Und schließlich unter Umständen automatisch arbeiten.

Ein weiteres Eingehen in die so wichtige Motorenfrage erlaubt der zur Verfügung stehende Raum dieses Buches nicht.[110a])

Zum Schlusse sei nur erwähnt, dass elektrische Motoren heute noch zu schwer sind, man kann das hierfür nötige Eisen nicht durch ein leichteres Metall ersetzen.

Die leichteste Dampfmaschine braucht noch pro 1 P.S. 6—7 kg Dampf und außer ihrem Eigengewicht noch stündlich 0,8 kg Kohle.[111])

Es sind somit nach dem heutigen Stande der Motorenindustrie die Explosivmotoren jene Arbeitsspender, welche das relativ kleinste Gewicht zu ihrem dauernden Betriebe und zu ihrer Konstruktion verlangen. Sie sind fast gar nicht feuergefährlich und stehen auf einer hohen Entwicklungsstufe. Ihre fortschreitende Eigengewichtsverringerung erregt das gerechte Staunen auch des optimistischsten Maschineningenieurs.

Die Arbeitsspenderfrage können wir daher heute für unsere Zwecke in befriedigender Weise als gelöst betrachten.

Über die Schraubenfrage.[112])

Alle Propeller setzen die Schiffe durch die nach vorne wirkende Reaktion eines von ihnen nach rückwärts geworfenen Luftstromes in Bewegung. Diese Reaktion überträgt sich von dem Propeller auf das Schiff und ist bei gleichförmiger Geschwindigkeit des Schiffes seinem Widerstande gleich und entgegengesetzt.

Die einzelnen Teilchen des von dem Propeller nach hinten geworfenen Luftstromes treten mit einer Geschwindigkeit von v Meter pro Sekunde, gleich der Geschwindigkeit des Schiffes in den Propeller ein, werden von demselben beschleunigt und mit einer größeren Geschwindigkeit V Meter per Sekunde nach rückwärts geworfen.

Die Geschwindigkeitszunahme der Luft oder die Beschleunigung ist demnach:

$$s = V - v.$$

Hat der Luftstrom einen Querschnitt von F qm, so ist FV cbm das Volumen des per Sekunde aus dem Propeller tretenden Luftstromes.

Wiegt 1 cbm Luft G kg und ist g die Beschleunigung der Schwere, so ist die Masse m des vom Propeller nach hinten geworfenen Luftquantums:

$$m = \frac{G}{g} FV.$$

Nach dem Satze vom Antriebe ist »der Antrieb einer Kraft P in der Zeit t gleich der Zunahme der Größe der Bewegung, welche eine Masse m in dieser Zeit erfährt«, also:

$$Pt = ms.$$

Wird die Zeit $t = 1$ Sekunde gesetzt, so ist die Kraft oder der Druck, den die mit s Meter Beschleunigung bewegte Masse m in der Richtung ihrer Bewegung ausübt:

$$P = \frac{ms}{t} = ms$$

$$= \frac{G}{g} FV(V - v) \quad \ldots \ldots \ldots \quad (a)$$

$$= m(V - v).$$

Nach dem Eintritte der gleichförmigen Bewegung des Schiffes ist die Reaktion oder der Vorwärtsschub P des Propellers gleich dem Schiffswiderstande R.

Daher ist die Widerstandsarbeit des mit v Meter per Sekunde vorwärts bewegten Schiffes:

$$Rv = msv$$

$$= \frac{G}{g} FV(V - v) v.$$

Unter der Voraussetzung, dass alle Teilchen des Luftstromes mit der Geschwindigkeit des Luftschiffes v in den Propeller treten und von demselben gleichförmig bis zur Arbeitsgeschwindigkeit $V = v + s$ beschleunigt werden, ist der vom Propeller unter Überwindung des Schiffswiderstandes R in der Zeiteinheit zurückgelegte Weg $= v + \frac{s}{2}$.

Der Propeller verrichtet daher eine Arbeit:

$$R\left(v + \frac{s}{2}\right) = Rv + R\left(\frac{V - v}{2}\right)$$

d. h. ausser der in der Formel (a) bestimmten Arbeit Rv noch eine andere zur Hervorbringung der Beschleunigung der Luftteilchen erforderliche Arbeit $R\frac{s}{2}$.

Da nun nach dem Satze von der Arbeit »die Arbeit einer Kraft auf einem bestimmten Wege gleich der lebendigen Kraft ist, welche eine

Masse m während dieses Weges aufnimmt«, so wird im vorliegenden Falle:

$$R\frac{s}{2} = R\left(\frac{V-v}{2}\right) = \frac{ms^2}{2} = \frac{m}{2}(V-v)^2 \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; (\beta)$$

die lebendige Kraft sein, welche in dem aus dem Propeller mit der Geschwindigkeit V austretenden Luftstrom vorhanden ist.

Diese Arbeit oder lebendige Kraft repräsentiert den bei jedem Propeller vorkommenden Arbeitsverlust und ist also:

$$R\left(\frac{V-v}{2}\right) = \frac{G}{2g}FV(V-v)^2.$$

Die zur Bewegung des Propellers zu leistende Arbeit L ist nun, wenn die an demselben auftretenden Reibungen, Stöße u. s. w. unberücksichtigt bleiben, gleich diesem Arbeitsverluste und der Widerstandsarbeit des Schiffes; also:

$$L = R\left(v + \frac{s}{2}\right) = Rv + R\left(\frac{V-v}{2}\right) = R\left(\frac{V+v}{2}\right)$$

$$= \frac{G}{g}FV(V-v)v + \frac{G}{2g}FV(V-v)^2$$

$$\boldsymbol{L = \frac{G}{2g}FV(V^2-v^2)} \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; (\gamma)$$

Der Nutzeffekt des Propellers ist der Quotient

$$\eta = \frac{R \cdot v}{L} = \frac{\text{Widerstandsarbeit des Luftschiffes}}{\text{Gesamtarbeit des Propellers}} = \frac{\text{Nutzarbeit}}{\text{Gesamtarbeit}}.$$

$$\eta = \frac{\frac{G}{g}FV(V-v)v}{\frac{G}{2g}FV(V^2-v^2)} = \frac{2v}{V+v}$$

Dies ist ein Maximalnutzeffekt, den ein Propeller überhaupt erreichen kann, denn er ist unter der Voraussetzung abgeleitet, dass alle vom Propeller in Bewegung gesetzte Luft nach hinten geworfen wird und derselbe reibungs- und stoßfrei arbeitet, Bedingungen, welche selbstverständlich niemals zutreffen.

Wird $V = v$, so wird $\eta = 1$, d. h. es wird die Geschwindigkeit des hinten aus dem Propeller tretenden Luftstromes gleich der Schiffsgeschwindigkeit; dann kommen, abgesehen von Reibungen und Stößen, keinerlei Arbeitsverluste am Propeller vor. Es wird dann aber die Beschleunigung des Luftstromes gleich Null und daher auch seine Reaktion gleich Null.

Aus der Formel (α) läßt sich ersehen, dass die Reaktion eines Propellers unter sonst gleichen Umständen hauptsächlich von dem Produkte FV abhängt. Je kleiner daher V wird, um so größer muss F werden und da der Nutzeffekt des Propellers immer größer wird, je kleiner man V macht, so folgt:

»Derjenige Propeller, welcher einen Luftstrom vom größten

Querschnitt mit der geringsten Geschwindigkeit nach hinten wirft, ist theoretisch für die Vorwärtsbewegung der beste.«

Es ist also empfehlenswert, den Querschnitt F des austretenden Luftstromes so groß als möglich zu machen, damit V so klein als möglich werde.

Je größer V desto kleiner η.

Die bis zu den neunziger Jahren gebauten lenkbaren Ballons besaßen alle ausnahmslos nur eine einzige Vortriebschraube. Diese war allerdings meist von sehr großen Dimensionen. (Giffard 3,4 m, Haenlein 4,6 m, Dupuy de Lôme 9 m, Renard 7, Yon 11 m.) Erst Schwarz ($d = 2{,}75$) wandte mehrere Propeller an und situierte sie mehr gegen den Systemschwerpunkt. Zeppelin endlich placierte seine auffallend klein dimensionierten Luftschrauben ($d = 1{,}15$ m) nur wenig unterhalb der horizontalen Ballonachsebene. Sie greifen also oberhalb des Systemschwerpunktes an.

Viele Vorteile — abgesehen von der schwierigen konstruktiven Anbringung derselben — bietet eine Schraube, welche in der Verlängerung der Ballonachse angebracht ist. Solche Vorschläge sind schon oft gemacht worden, so von Wolff, Debayeux Feroci, Girardot, Severo u. a.

Der Hauptvorteil besteht darin, dass die vor der Ballonspitze sich befindliche Luft in sanft abfließende Bewegung gebracht wird, ehe sie keilförmig vom Ballon durchstoßen wird. Ferner braucht man nach theoretischen Kalkulationen hierzu weniger Arbeit, denn es müsste sonst gewiss mehr Luft in Bewegung gesetzt werden.

Denken wir uns die Schraube am Ballontraggerüste angebracht, so müsste diese Schraube eine bestimmte Luftmasse (M) verdrängen, um einen Effekt leisten zu können und die Hülle würde auch eine äquivalente Luftmasse (M) verdrängen. Die Gesamtluftmasse wäre dann per Sekunde:

$$L = 2M,$$

während bei einem Ballon, an dessen Spitze eine Schraube angebracht ist, die Luftmasse M nur einmal zu verdrängen ist und diese Luftmasse auch nur einmal in Bewegung gesetzt wird.

Ob nun beide Luftmassen (M) wirklich oder annähernd einander gleich sind oder nur theoretisch, kann nur in konkreten Fällen entschieden werden. Ich bin der Meinung, mit dieser Ansicht auf der richtigen Fährte zu sein. Durch diese Anordnung könnte auch ein bedeutend kleinerer Reduktionskoeffizient als $^1/_6$ erzielt werden.

Das Gebiet der Luftschraube ist überhaupt noch sehr stiefmütterlich behandelt. Kaum dass die Ballonkonstrukteure, mit sehr wenigen Ausnahmen, bei der Wahl der hauptsächlichsten Schraubenelemente richtig zu Werke gingen.

Ich will daher kurz diese hier schlagwortartig anführen.

Von jeder Schraube müssen eine bestimmte Anzahl Stücke gegeben sein, welche sie charakterisieren. Es ist am besten, sich alle gegebenen

und die in der Folge bekannt werdenden Punkte in ein Schema tabellarisch einzutragen.

Bei jeder Schraube, die wissenschaftlich präzisiert werden soll, müssen folgende Daten angegeben sein:

1. Der Typus der Schraube.
2. Die Gestalt } der Erzeugungslinie.
3. Die Lage } der Erzeugungslinie.
4. Die Art } der Gänge.
5. Die Zahl } der Gänge.
6. Der Vertikalabstand } der Gänge.
7. Die Gestalt, Durchmesser } der Flügel.
8. Die Lage } der Flügel.
9. Der Druckmittelpunkt } der Flügel.
10. Die Zahl } der Flügel.
11. Die Art } der Steigung.
12. Die Größe } der Steigung.
13. Der Längs- } Schnitt.
14. Der Quer- } Schnitt.
15. Das Material.
16. Die Gestalt der Nabe.
17. Das Gesamtgewicht.
18. Die Umdrehungsart.

Hierzu ist zu bemerken:

ad 2, ob die Erzeugungslinie eine Gerade
ob die » » einfach- } gekrümmte Linie ist.
» » » » doppelt- } gekrümmte Linie ist.

ad 3, » » » rechtwinklig } angesetzt ist.
» » » schiefwinklig } angesetzt ist.
unter welchem Winkel sie } angesetzt ist.

ad 4, ob die Schraube rechts- } gängig ist.
» » » links- } gängig ist.

ad 6. Ist nur bei Etagenschrauben anzugeben.

ad 7. Entweder muss die projizierte oder die abgewickelte Flügelfläche durch eine Zeichnung gegeben sein.

ad 8, gegen die Achse.

ad 9, ob ein- } flügelig.
ob zwei- } flügelig.
ob Etagenflügel.

ad 10, ob eine konstane } Steigung und das Gesetz ihrer Veränderlichkeit.
ob eine peripherial veränderliche } Steigung und das Gesetz ihrer Veränderlichkeit.
ob eine radial veränderliche } Steigung und das Gesetz ihrer Veränderlichkeit.
ob eine peripherial und radial veränderliche } Steigung und das Gesetz ihrer Veränderlichkeit.

ad 11. Ausgedrückt durch $\operatorname{tg} \alpha = \frac{h}{\pi d}$.



ad 15. Wegen der Oberflächenreibung | der Schraube.
wegen der Elasticität |

ad 16. Durch Zeichnung gegeben: Höhe, Durchmesser, Stärke und Form.

ad 17. Gewicht der Nabe samt Schraube.

Will man nun eine Schraube genau präzisieren, so hat man alle die vorerwähnten Punkte detailliert anzugeben.

Die richtige Wahl der Schraubenelemente ist äußerst schwierig zu treffen, sie kann nur auf Grund ganz detaillierter Versuche ermittelt werden, ähnlich wie solche von Renard in Meudon und Hiram Maxim in London, dann von Professor Wellner vor einigen Jahren angestellt worden sind. Auch M. Alexander hat sehr interessante Versuche mit Luftschrauben in London und Kress in Wien, sowie von Loessl in Aussee solche vorgenommen.[113])

Ich selbst habe mich mit dem Studium der Schrauben in eingehendster Weise befaßt, und werde die Resultate meiner Untersuchungen später in einem eigenen Werke publizieren.

Die Schrauben sollen, wenn ich alles zusammenfassen will, in entsprechenden Abständen hinter- und nebeneinander und systematisch angebracht werden, eine derselben, wo thunlich, vorne an der Ballonspitze.

Über die Höhenlage der Schraubenachse über dem Gondelboden sind spezielle Versuche anzustellen, desgleichen sind mehrere Schraubenarten im Ballon auszuprobieren, und alle Schraubenelemente wie: Erzeugende, Gestalt und Lage derselben, Steigung, Umdrehungszahl, Effekt, Nutzeffekt, projizierte Schraubenfläche, Bruchteil der Ganghöhe etc. etc. gründlich und systematisch zu untersuchen. Nur zweiflügelige Schrauben sind als Vortriebschrauben zu verwenden. Die projizierte Schraubenfläche muss in einem ganz bestimmten Verhältnisse zur Ballonwiderstandsfläche stehen.

Über die innere Einrichtung und Ausgestaltung von »lenkbaren Luftschiffen«.

Die älteren lenkbaren Ballons, von Giffard angefangen, besaßen nur eine Hülle mit Ventilen, Netz- und Zugleinen, Tragstangen, Gondel, Motor, Schraube und Steuer. Dies war in den Hauptpunkten ihr gesamter Besitzstand.

Renard führte das Laufgewicht ein und nahm einige Instrumente zu wissenschaftlichen Messungen mit sich.

Am besten ausgestattet, was die innere Einrichtung anbelangt, war das Luftschiff von Zeppelin.

Die Angabe über den Verbrauch von Ballast konnte genau auf einem Schaltbrette registriert werden, jede der siebzehn Hüllen hatte ihr Sicherheitsventil, das Laufgewicht wurde in mehreren Systemen sehr gründlich durchprobiert und entsprach schließlich auch recht gut.

Um bei der Fahrt die Neigung auch ziffermäßig feststellen und dementsprechend nötigenfalls mit dem richtigen Maße einer Ballast- oder

Gasausgabe eingreifen zu können, wurde die Mitnahme folgender Instrumente geplant:

1) Eine Röhrenwasserwage, welche Neigungen von 0 bis $2^1/_2{}^0$ von 10′ zu 10′ (= 1 cm) angiebt, von der Firma Paul Bessel in Freiberg in Sachsen.

2) Eine Dosenwasserwage von etwa 32 cm Durchmesser, die Neigungen von ± 15° angiebt. Das Glas hierzu wurde von Dr. R. Steinheil in München geschliffen; die einzelnen Grade haben in konzentrischen Kreisen einen Abstand von 0,5 cm.

3) Ein Pendel, angebracht an der vorderen Gondel, durchhängend durch das Tischbrett, welches entsprechend schlitzförmig ausgesägt und mit einer Einteilung von ± 6° versehen war.

Die Röhrenwasserwage war für Funktionen des Laufgewichts, die Dosenwasserwage und das Pendel für stärkere Funktionen unsymetrischer Ballast- und Gasausgabe vorgesehen.

Zur Kommandoführung war eine dreifache Verbindung mit der hinteren Gondel hergestellt worden, nämlich:

1. durch doppelte elektrische Glocken mit verabredeten Zeichen (Anlaufen lassen und Stoppen der Motoren);

2. durch Maschinentelegraph mit Kontrollvorrichtung zum Einschalten der Schraubenpropeller (Kommando: Vorwärts, Stopp und Rückwärts);

3. durch Sprachrohr mit beiderseitigem Anruf durch Pfeife. (Der aëronautische und der aërostatische Führer konnten sich wegen der Nachbarschaft ihrer Standorte mündlich verständigen.)

Das Luftschiff selbst war außerdem mit einem Aneroidbarometer und einem Richard'schen Barographen ausgerüstet worden.

Bei Dumont's kleinen Ballons musste das Ballonzugehör auf ein Minimum reduziert werden.

Bei dem Luftschiffe der Zukunft treten naturgemäß ganz andere Anforderungen an den Ballonkonstrukteur heran, als bei den bis jetzt gebauten Versuchsluftschiffen. Wir werden uns nicht damit begnügen auf- und gleich wieder abzusteigen, wir wollen länger dauernde Fahrten unternehmen. Daher müssen wir den Ballon mit einem entsprechenden Quantum an Betriebsmaterial ausstatten, und zwar: mit Kühlwasser, (daher Speisepumpen, Kondensatoren, Luftröhrenkondensatoren, wie solche von Maxim, Daimler u. a. ausgeführt worden sind), und mit Brennmaterial; für dieses sind entsprechende Behälter vorzusehen.

Da es aus Stabilitätsrücksichten nicht angehen wird, die Bedienungsmannschaft oder die Passagiere herumgehen zu lassen, müssen für diese Personen leichte Sitzgelegenheiten angebracht werden.

Ein größeres Luftschiff wird mehrere Maschinen besitzen, welche gruppenweise vereinigt (wir sehen schon bei Zeppelin zwei solcher Maschinengruppen) und bedient werden. Es wird sich empfehlen, diese Gruppen einem Kapitän zu unterstellen und für die zentrale Leitung einen

eigenen Dienst, eine elektrische Befehlsübermittlung oder noch besser eine zentrale Bedienung aller Motoren einzurichten.[114])

Die Befehlsübermittelung geschieht am besten durch die Fernbewegung eines Zeigers auf einem Block, auf welchem die einzelnen Kommandos in zwei Gruppen »Vorwärts, Zurück« vereinigt sind, und in jeder dieser Gruppen: »äußerste Kraft«, »halbe Fahrt«, »langsame Fahrt«, ferner mit »Vorwärts«, »Stopp«, »Achtung« etc. angegeben werden. Hierbei ist zu beachten, dass das Legen des Gebers (Zeigers) in der Fahrtrichtung des Luftschiffes erfolgt, damit durch die Stellung des Zeigers schon der beabsichtigte Wille von ferne erkenntlich wird. Selbstredend ist mit einer Veränderung der Zeigerstellung auch ein akustisches Signal (Glockenton eines Membranweckers) verbunden.

Gegen plötzliche, unbeabsichtigte, stossartige Bewegungen des Zeigers kann man sich durch eine Bremsluftpumpe sichern.

Für Nachtfahrten werden sich elektrische Beleuchtungsanlagen als nötig ergeben. Selbstverständlich wird mit Licht, zu dessen Erzeugung ja Arbeit und daher Kraft (also auch Gewicht) nötig ist, gespart werden müssen.

Vielleicht wird es sich auch empfehlen, von Lautfernsprechern Gebrauch zu machen. Solche Stationen sprechen so laut, dass sie den Sprachrohren in den meisten Fällen überlegen sind. Mit ihnen kann man von der Zentralstelle aus an alle anderen Stellen gleichzeitig Kommandos übermitteln.

Die Luftschiffe der Zukunft werden sich aber auch untereinander in der Luft von Schiff zu Schiff, und das Luftschiff mit der Erde verständigen müssen. Dazu werden bei Tag Flaggen, und bei Nacht das Blitzlicht und ein Laternensignalsystem Verwendung finden.

Bei dem Blitzlichtsystem bestehen die einzelnen Elemente, aus denen die Zeichen zusammengesetzt werden, aus langen und kurzen Blitzen, die entweder durch den Scheinwerfer oder durch Glühlampen erzeugt werden.

Das System hat den Nachteil, dass die ganzen aus kurzen und langen Lichtzeiten kombinierten Signale auf einmal gegeben werden müssen, da nur dann der Unterschied zwischen kurzen und langen Zeichen deutlich hervortritt. Deshalb kann sich der Signalisierende niemals vergewissern, ob während der Signalgebung das Signal auch von allen Seiten richtig aufgefasst ist. Eine Wiederholung kann nur von ganzen Zeichen erfolgen, und wenn Fehler auftreten, müssen die ganzen Signale wiederholt werden.

Wenn nach mehreren Stellen signalisiert wird, so muss die Quittung der Signale von den einzelnen Stellen nacheinander gegeben werden, wenn eine Person dieselbe empfangen soll.

Deshalb erfordert diese Form der Signalgebung sehr viel Zeit und ein besonders gut geschultes Personal.

Die zweite Art der Signalgebung, die des Laternensystems, ist von der Zeitdauer der Signale unabhängig, sie arbeitet mit Lichterkombinationen

von weißen und roten Laternen. Es können also die Signale so lange bestehen bleiben, bis sie von allen Stellen verstanden und quittirt sind.

Vielleicht wird man auch den Fernnachtsignalapparat von Sellner,[115] bei welchem die beiden Lichtquellen (rotes und weißes Licht) durch Vermittlung eines Signalgebers entweder dauernd, intermittierend oder abwechselnd zum Leuchten gelangen, verwenden, sodass mittelst einer Signallaterne fünf Grundsignale abgegeben werden können, nämlich:

1. weißes festes Licht,
2. rotes festes Licht,
3. weißer Blitz,
4. roter Blitz,
5. rot-weißer Blitz.

Damit nun diese zwei Laternen unter allen Umständen sichtbar bleiben, hat Sellner eine derselben durch zwei ersetzt, die immer die gleichen Signale geben.

Diese Anordnung geschieht von drei Punkten aus, wodurch alle Signale deutlich gesehen werden können.

Diese Anordnungsweise der drei Laternen gestattet aber ausserdem eine genaue Kennzeichnung der Position des signalisierenden Luftschiffes, denn der Beobachter kann, wie leicht einzusehen ist, aus der Stellung der drei Laternen zu einander auf die Lage des Luftschiffes schließen.

Es ist selbstverständlich, dass diese jetzt schon bei Seeschiffen angewandten Einrichtungen für den Gebrauch auf Luftschiffen entsprechend umgewandelt werden müssen, denn für alle Apparate, welche bei Luftschiffen Verwendung finden, ist das erste Hauptgebot: »Geringes Gewicht«. Diese Bedingung lässt sich durch entsprechende Ummodelung der Apparate unbedingt erfüllen.

Der Sellner'sche Apparat kann auch in Verbindung mit einem Nebelhorn Verwendung finden, denn ein solches ist ebenfalls für Luftschiffahrtszwecke unentbehrlich.

Von Hilfsapparaten zur Füllung des Ballonets, als welche noch bei Dumont Ventilatoren Verwendung finden, sehe ich ab, weil ich der Meinung bin, dass dies automatisch besser geschieht.

Ausser den Hilfsapparaten für den maschinellen Betrieb und für den Signaldienst finden noch Kompasse und meteorologische Instrumente bei Luftschiffen Verwendung.[116]

Die Geschwindigkeit des Luftschiffes gegen die umgebende Luft dürfte am besten durch ein am Traggerüste selbst angebrachtes Anemometer bestimmt werden können.[117]

Sonst werden noch Aneroide, Hygrometer, Thermometer, Pallographen und dergleichen nötig sein. Dass auch Karten,Ferngläser u. s. w. mitgenommen werden sollen, bedarf eigentlich keiner weiteren Erwähnung.

Für Sportzwecke werden photographische Apparate, Sprachrohre etc. dienen. In beschränktem Maße werden auch Lebensmittel, Handgepäck, ferner unter Umständen Waffen (nach Ablauf der in der Haager Konferenz vorgesehenen fünf Jahre, innerhalb welcher keine Explosivpräparate aus Ballons auf die Erde geworfen werden dürfen), Ecrasitbomben im Ballon mitgenommen werden.[118])

Alles in allem genommen lässt sich also die sonstige Ausrüstung eines Ballons in nachstehende Gruppen einteilen.

1. Gruppe für den Betrieb:
   a) der Motoren,
   b) der Schrauben,
   c) für die Kommandogebung.
2. Gruppe für die Beobachtung:
   a) für die Signalisierung,
   b) für den Fahrtdienst,
   c) für die Verständigung mit der Erde.
3. Gruppe für die Passagiere:
   a) für Proviant,
   b) für Handgepäck,
   c) für sonstige Bequemlichkeiten.
4. Gruppe für die speziellen Bestimmungen:
   a) für wissenschaftliche Fahrten,
   b) für kriegerische Fahrten und Kampf,
   c) für kaufmännische Fahrten und für Transportzwecke,
   d) für sportliche Fahrten.

Über die technologische Frage.

Eine detaillierte Behandlung des in der Überschrift gegebenen Themas würde den Zweck des vorliegenden Buches weit überschreiten.

Es kann hier nur darauf ankommen, einen flüchtigen Überblick jener technologischen Bestandteile zu geben, welche bei lenkbaren Ballons hauptsächlichst Verwendung finden.

Für die Hülle wurde in den weitaus meisten Fällen mit Kautschuk oder mit Firniß gasdicht gemachter Baumwoll- oder Seidenstoff verwendet. In wenigen Fällen Metall (Aluminium von Schwarz). Die Schaffung einer lange Zeit gasdicht haltenden Hülle ist eine ungemein wichtige, die Ballonindustrie aufs lebhafteste interessierende Frage.

Die Deutschen verwenden mit Vorliebe mit Kautschuk gedichtete Hüllen, diese sind schwer, teuer und lichtempfindlich, die Erfahrungen in Bezug auf Gasdichtheit aber sind bei diesen Hüllen ziemlich gute zu nennen.

Die Franzosen verwenden fast ausschließlich gefirnißte Hüllen. Was ich in dieser Hinsicht in Paris bei Surcouf und bei Lachambre

gesehen habe, hat mich auf's höchste entzückt.[118a]) Die Stoffe sind von einer großartigen Leichtigkeit und einer staunenerregenden Gasundurchlässigkeit. Die gefirnißte japanische Seide hat allmählich die chinesische Seide verdrängt, weil sie noch widerstandsfähiger ist. Metall glaube ich, eignet sich für den Bau der Hüllen nicht, obwohl der Ballon von Schwarz bei seiner zweiten Füllung nach einer Mitteilung sein Gas ziemlich gut gehalten haben soll.

Die Hülle muss gasdicht, leicht, dauerhaft und unverbrennbar sein. Ferner soll sie witterungsbeständig sein, das Wasser leicht abfließen lassen und keines oder nur weniges auf sich aufnehmen. Bei der großen Oberfläche der Hülle würde das Einsaugen auch nur einiger Gramm Wasser per Quadratmeter Hülle den Ballon sehr bedeutend an Gewicht zunehmen lassen.

Die Verbindung der Hülle mit dem Ballontraggerüste muss eine sehr enge sein. Hierzu sind in den meisten Fällen Seide, von Dumont Drähte genommen worden. Dies letztere empfiehlt sich wegen des hierbei geringeren Luftwiderstandes. Für den Bau des Ballontraggerüstes wurden Fichtenstämme, Weiden, spanisches Rohr, auch Aluminiumfaçonstücke und dergl. verwendet.

Ist es ziemlich schwer, das Gewicht einer Stundenballonpferdestärke zu bestimmen, so verhält sich die Sache bezüglich der in Rechnung zu setzenden technologischen Bestandteile wesentlich einfacher. Hier handelt es sich nur um absolute Zahlen. Die Erfahrung lehrt uns, dass es in technischen Fragen schier unmöglich erscheint, für die Zukunft ein zutreffendes Prognostikon zu stellen — besonders zu sagen, jetzt sei die Grenze des möglichen Fortschrittes erreicht, eine noch größere Ausgestaltung oder Durchbildung dieser technischen Errungenschaft sei nicht mehr zu erreichen! — Wer hätte vor 20 Jahren gedacht, dass es der Eisenindustrie gelingen würde, Eisensorten von mehr als 150 kg Festigkeit pro 1 Quadratmillimeter herzustellen? Andererseits hat man sich von der Verwendung des Aluminiums viel mehr versprochen. Aber auch dieser Zweig der Technik ist in einer steten Ausgestaltung begriffen und erst neuerdings ist durch die Herstellung des Magnaliums, einer Verbindung von Aluminium und Magnesium, eine ganz hervorragend leichte und dabei feste Komposition gefunden worden.[118b])

Der Bau der Hülle ist durch die Verwendung besonderer Dichtungsmittel zu einer größeren Vollkommenheit gediehen, was der Fahrtdauer zugute kommt.

Ich bin überzeugt, dass die Japaner in diesem Punkte mit dem ihnen zur Verfügung stehenden Rohmaterial noch viel Bedeutenderes zu leisten im Stande wären.

Der Bau des Traggerippes, der Gondel etc., wird durch Verwendung der auch in der Stahlradindustrie so vielfach verwerteten Mannesmannstahlröhren mächtig gefördert.[119])

Ich komme damit auf einen Punkt zu sprechen, der bis vor kurzem von den Luftschiffern wenig beachtet wurde. Es ist dies der glänzende Aufschwung der Zweirad- und der Automobil-Industrie. Obwohl diese beiden Zweige der Verkehrstechnik scheinbar mit der Luftschiffahrt gar nichts gemein haben, so lehrt doch ein näheres Eingehen in ihre Bedürfnisse, wie sehr allen drei technischen Disziplinen der Wunsch, thunlichst leichte Bau- und Betriebs-Materiale zu besitzen, gemeinsam ist. Das Bedürfnis nach solchen weckte die Nachfrage, diese gab den betreffenden Industrien neue Impulse und was jener nutzbar wurde, war diesen willkommen. Nun bemühten sich nicht mehr nur einige wenige Köpfe — wie es früher bei der Luftschiffahrt der Fall war — leichte Bau- und Betriebsmaterialien ausfindig zu machen und immer neue Methoden zu deren Erzeugung auszuüben, jetzt schafft eine große Zahl ausgezeichneter Ingenieure von Tag zu Tag bei gleicher Festigkeit leichtere und widerstandsfähigere Ware. Die Konkurrenz der einzelnen Werke gereicht der Industrie zum Segen, sie ist der Born, aus dem auch die Luftschiffahrt mit vollen Zügen für ihre Bedürfnisse schöpft.[119a])

Ausserdem ist durch das Emporblühen verwandter technischer Zweige der Luftschiffahrt selbst eine große Zahl von direkten Mitarbeitern erstanden. Deshalb bricht sich die Überzeugung immer mehr Bahn, dass trotz der bisherigen unleugbaren Misserfolge man sich, wenn auch langsam, so doch sicher, Schritt für Schritt dem wirklich brauchbaren »lenkbaren Luftschiffe« nähere.

Über das Ballontraggas.

Zur Ballonfüllung kommen drei Arten von Traggasen in Betracht:

1. das Wasserstoffgas,
2. das Leuchtgas (ev. Wassergas),
3. die erwärmte Luft.

Das spezifische Gewicht des Wasserstoffgases beträgt rund 0,000097, das des Steinkohlengases 0,000715, das der Luft 0,001293 bei 0° und 760 mm.

Das Gewicht eines Kubikmeters Wasserstoffgas beträgt 0,089, das des Steinkohlengases 0,771, das der Luft 1,293 kg.

Das heißt, ein Kubikmeter trägt:

ad 1 . . . . 1—1,2 kg,
ad 2 . . . . 0,6—0,7 kg,
ad 3 . . . . 0,3—0,4 kg.

Aus der geringen Tragkraft dieser Gase resultiert das große, für Ballons erforderliche Volumen. Für lenkbare Ballons dürfte wohl erwärmte Luft oder Wasserdampf kaum in Betracht kommen, Leuchtgas nur bei sehr großen Ballons. Statische lenkbare Ballons sind nur dann ausführbar, wenn das Gewicht des relativen Ballongesamtgewichtes kleiner ist als die Hubkraft ihres Traggases, mit dem sie gefüllt sind.

Das Leuchtgas entnimmt man am besten den schon bestehenden Gasometern, vielleicht wird es sich aber auch empfehlen, für die Zwecke der Ballonfüllung eigene Gasometer zu bauen. Es ist nämlich eine bekannte Thatsache, dass das Leuchtgas bei sehr starker Erhitzung, wie bei längerem Verweilen in den Retorten und während der letzten Zeit der Destillation dekarburiert, das heißt, es verliert einen Teil seiner Leuchtkraft, gewinnt dagegen beträchtlich an Volumen und an Tragkraft.

Zwei Methoden der Dekarburierung, welche ganz besonders leichtes Leuchtgas liefern, hat Professor Bunte in Karlsruhe erfunden. Es kann mit dekarburiertem Leuchtgas pro einem Kubikmeter ein Gewicht von 0,8 kg gehoben werden.

Eine andere Art des Traggases ist das Wassergas, welches durch Überleiten von Wasserdampf über glühende Kohlen gewonnen wird. Es besteht aus einem Gemisch von 0,4 bis 0,5 Wasserstoff mit 0,3 bis 0,4 Kohlenoxyd, etwas Grubengas, Kohlensäure und Stickstoff, und liefert pro 1 Kubikmeter etwa 0,7 kg Hubkraft, dabei ist es sehr billig, pro 1 Kubikmeter ca. 2 Pfennige, aber giftig, so dass es nur für vollkommen geschlossene Ballons Verwendung finden kann.

Das für lenkbare Ballons wohl in erster Linie in Betracht kommende Gas ist das Wasserstoffgas. Das Wasserstoffgas kann auf etwa zwölferlei Methoden gewonnen werden, von denen jedoch nur sehr wenige für die Praxis in Betracht kommen.

Schon im Jahre 1794 wurde dessen Gewinnung im großen von Coutelle durch Zersetzung von Wasserstoff über glühenden Eisenplatten ausgeführt.[120])

Dieser Prozess verläuft langsam und unregelmäßig, die Apparate nützen sich schnell ab und man erhält das Gas nicht rein, also wenig tragfähig.

Eine andere Methode ist die, das Wasserstoffgas durch elektrische Analyse zu gewinnen. Sie wird neuerdings vielfach angewendet und liefert sehr reines Traggas zu einem Preise von ca. 0,5 Mark pro Kubikmeter. Die bis heute aber noch am öftesten angewendete Methode zur Erzeugung von Wasserstoff ist die Gewinnung aus Schwefelsäure und Eisenfeilspänen.[121])

Der hierzu verwendete Gaserzeuger besteht im Prinzip aus einem großen Gefäß von innen verbleitem Eisenblech, welches mit Eisenfeilspänen gefüllt und oben hydraulisch verschlossen ist. In dasselbe dringt von unten durch eine durchlochte Bleiplatte, die mit Wasser im Verhältnisse 1:6, beziehungsweise 1:9 (je nach der Stärke der angewendeten Säuren) bereits in einem anderen Behälter verdünnte Schwefelsäure ein, worauf nach der chemischen Formel

$$H_2 + SO_4 + F = FSO_4 + 2H$$

Wasserstoff frei wird.

Dieser tritt aber nicht rein, sondern noch sehr wasserdampfhaltig und mit kleinen Mengen Säuren vermischt aus. Daher wird er in dem zylindrischen, hydraulisch verschlossenen Waschbottich gewaschen.

Das Gas tritt hier wieder unten durch eine Anzahl kleiner Rohre ein, durchdringt die Wasserschicht und wird gleichzeitig durch von oben kommenden Regen abgekühlt und gewaschen.

Nun gelangt es in den Trockner, welcher aus zwei zylindrischen Eisenblechgefäßen mit doppeltem durchlöchertem Boden besteht, die mit Ätzkali und Calciumchlorür gefüllt sind, passiert dieselben wieder von unten nach oben, und wird endlich durch einen seidenen Schlauch in den Ballon geleitet.

Auf diese Weise können mit einem Apparate in der Stunde 200 bis 250 cbm Wasserstoffgas erzeugt werden.

Hierzu sind an Materialien nötig:

3,000 bis 3,200 kg Schwefelsäure,
2,000 bis 2,500 kg Eisenfeilspäne,
40,000 kg Wasser.

Um den Verbrauch von Säure und Eisen zu bestimmen, kann man auf die chemische Formel zurückgreifen, unter Berücksichtigung des Umstandes, dass die Resultate durch besondere Verhältnisse, unter denen der Gaserzeuger arbeitet, geändert werden können. Die auf Grund der chemischen Reaktion stattfindende Wasserstofferzeugung gelangt durch folgende Formel zum Ausdruck:

$$\underset{98}{H_2SO_4} + \underset{56}{F} = \underset{152}{FSO_4} + \underset{2}{2H}$$

Daraus ergiebt sich, dass man, um 2 g Wasserstoff herzustellen, 98 g Schwefelsäure und 56 g reines Eisen gebraucht.

2 g Wasserstoff nehmen bekanntlich ein Volumen von 0,022346 cbm ein; man braucht demnach, um 536 cbm, die zur Füllung des Ballons nötig sind, herzustellen, folgende Massen von Säure und Eisen:

$$\text{Schwefelsäure: } \frac{536}{0{,}022\,346} \cdot 98 = 2{,}350 \text{ kg},$$

$$\text{reines Eisen: } \frac{536}{0{,}022\,346} \cdot 56 = 1{,}343 \text{ kg}.$$

Die Masse Schwefelsäure, die man thatsächlich braucht, ist in der Praxis etwas größer, als die aus der Formel abgeleitete, weil die Gaserzeugung zu lange Zeit in Anspruch nehmen würde, wenn man die Reaktion einer bestimmten Quantität bis zu ihrer völligen Ausnützung zur Zersetzung des Eisens abwarten wollte.

Die Gaserzeuger werden so gebaut, dass die im Verhältnis 1:9 verdünnte Säure ununterbrochen durch Eisenfeilspäne fließt und das sich bildende Eisensulfat hinaustreibt. Dadurch kann die Säure die fortwährend vom Sulfat befreite Oberfläche des Eisens mit um so größerer Vehemenz während der ganzen Dauer der Operation angreifen. Das angegebene Gasvolumen von 536 cbm kann in drei Stunden hergestellt werden, und die hierzu nötige Säuremasse wechselt zwischen 3000 bis 3200 kg. Wenn man die im Handel gebräuchliche Bleikammersäure

anwendet, braucht man 4500 bis 4800 kg. Das Eisen wird nicht ganz verbraucht; von 2000 bis 2500 kg bleiben 500 bis 800 kg im Apparate nach jeder Operation übrig.

Der Wasserverbrauch ist leicht zu berechnen unter Berücksichtigung des Verhältnisses 6 : 1. Rechnet man das spezifische Gewicht der Schwefelsäure zu 1,845, so beträgt die Wassermasse $\frac{1,845}{3,200} \cdot 9 =$ etwa 15,600 Liter. Da die Wassermasse, welche bei jedem Kolbenhub von der zweifachen Pumpe in den Gaserzeuger und den Waschbottich gebracht wird, im Verhältnis von 2 : 3 steht, bedarf es, um das Gas zu waschen, einer Wassermasse von

$$15,609 \times \frac{3}{2} = 23,414 \text{ Liter.}$$

Man kann demnach für die Arbeit des Gaserzeugers bei einer Dauer von drei Stunden einen Wasserverbrauch von 40 cbm annehmen.[122])

Über die Steuerbarkeit von Luftballons.

Man unterscheidet zwei Arten von Luftballons:

1. den statischen } Ballon.
2. den dynamischen }

Der statische Ballon verdankt seine Hubkraft einzig und allein nur der Hubkraft seines Traggases. Befindet sich dieser Ballon in der Atmosphäre im Gleichgewicht und in einer Fahrt nach vorwärts begriffen, so genügt in der Regel bei kleinen Ballons ein Vertikalsteuer, bei großen Ballons zwei, vorne und rückwärts angebrachte Vertikalsteuer, um den Ballon von seiner geraden Fahrtrichtung abzulenken und ihn, je nach der Stellung des Steuers, zur Vornahme eines Bogens nach rechts oder nach links zu bewegen.

Die Größe und Form dieses Steuers wird sehr verschieden angegeben. Meist ist es drei- oder viereckig und etwa 3 bis 6 Quadratmeter groß. Die Stellung dieses Steuers geschieht, ähnlich wie bei kleinen Schiffen, durch Steuerleinen.

Am Steuer selbst ist ein zweiarmiger Hebel angebracht, der um seine Mitte drehbar ist und auf diese Art verstellt werden kann.

Bei sehr großen Ballons werden bei centraler Situierung des Steuermannes diese Leitungen wohl auch lang und der Steuermechanismus etwas komplizierter werden; im Prinzip wird aber alles stets nach der hier angedeuteten Form vor sich gehen.

Eine Rückwärtsfahrt wird man von dem Ballon wohl nie verlangen, denn der Luftraum ist ja nicht beschränkt, es wird stets eine ganze Umdrehung für den angestrebten Zweck des Rückwärtsfahrens genügen.

Ein in der Luft genau ausgewogener Ballon gleicht einer Seifenblase. Im Luftozean kann er, falls er über genug motorische Kraft

verfügt, sich in der Horizontalen nach Belieben vorwärts bewegen; er muss aber auch in der Vertikalen sein Element beherrschen können, nur dann ist er fähig, allen an ihn gestellten Anforderungen zu entsprechen. Von den vielen für diesen Zweck vorgeschlagenen Mitteln sind meines Wissens nur zwei bis jetzt angewendet worden. Es sind dies das Ventil und das Auswerfen von Ballast.

Wenn man um zu fallen Gas auslässt, so ist dies eine sehr missliche Sache. Man lese darüber Renard's heute noch mustergiltige Ausführung in »Revue de l'Aéronautique«. Nur die Kleinheit der bis nun gebauten Ballons, verbunden mit den schweren Motoren, lassen es mir begreiflich erscheinen, dass man sich so lange eines so vagen Hilfsmittels bediente.

Wenn man Ballast auswirft, so äquilibriert man durch Verminderung des Gewichtes das durch Diffusion verloren gegangene Traggas oder jenes Traggas, welches man etwa durch Ventilziehen verloren hat, mit einem Worte, man zehrt stets vom Kapital.

Mit dem Auslassen des Gases raubt man eben dem Ballon seine Lebenskraft und begrenzt seine Fahrtdauer.

Eine gründliche Besserung dieser Verhältnisse kann nur durch eine Umgestaltung des Ballons hervorgerufen werden.

Der dynamische Ballon erhebt sich in die Luft von seinem Gase und von Hubschrauben getrieben. Auf der Erde lastend, besitzt er ein gewisses absolutes Eigengewicht, das von den Schrauben, sobald er steigen soll, gehoben werden muss. Er ist also schwerer, als die ihn umgebende Luft. Die Hubschrauben werden von ganz speziellen Motoren betrieben und besitzen vertikale oder sehr schief geneigte Achsen.

Schon Haenlein nahm sich ein Patent auf diese Erfindung, konnte sie aber noch nicht verwerten, weil die damaligen Motoren zu schwer waren. Wölfert stieg mit einer solchen Hubschraube auf, konstatierte auch deren günstigen Einfluss, aber seine Schraube war noch zu unvollkommen, sein Motor zu schwach, sein Ballon zu klein. Bei Schwarz war wohl eine Hubschraube angebracht, wurde jedoch nicht in Funktion gesetzt. Auch hier wurde mit halben Mitteln gearbeitet, der Erfolg blieb demnach aus. Zeppelin weist die Anwendung dieser Hubschrauben direkt von sich.[123])

Mit Hilfe der Hubschrauben kann sich der Ballon beliebig senken und heben und erhält im Luftozean, versteht man es, sie richtig anzuwenden, eine gewisse Stabilität, die ein nur mit einem Manövrierventil ausgestatteter Ballon niemals besitzen wird. Auch das Landen wird viel anstandsloser und ungefährlicher von statten gehen. Freilich müssen mehr als eine Hubschraube zur Disposition stehen. Endlich werden diese Hubschrauben ein Mittel (wenn auch nicht das einzige) sein, die Ballonachse in horizontaler Lage zu erhalten. Das ganze Gewicht, welches die Hubschrauben haben, abzüglich des hierzu nötigen Motorgewichtes und abzüglich der Auftriebdifferenz, kann zum Ballonnutzgewichte geschlagen werden.

Wohl wird auch ein für den Betrieb der Hubschrauben mitzunehmendes Gewicht (Brennmaterial) konsumiert werden müssen, aber der Verbrauch dieses in gleichsam konzentrierter Form mitgenommenen Materials ist viel geringer als der Verbrauch von Wasser oder Sand als Ballast.

Außer von Vertikalsteuern wird man auch, wie dies Zeppelin gemacht hat, von Horizontalsteuern oder von einem System von Horizontalsteuern (Rozé) Gebrauch machen. Schon an anderer Stelle habe ich gesagt, dass mir die Verwendung eines solchen Vertikalsteuers sehr sympatisch ist.

Über die Landungsvorrichtungen.

Ein aëronautisch gut geführter Kugelballon der alten Schule erreichte gegen Ende seiner Fahrt den höchsten Punkt der Flugkurve. Die Fahrt selbst spielte sich als ein beständiger Kampf zwischen verlorener Hubkraft (durch Diffusion des Traggases herbeigeführt) mit Ballonerleichterungsbestrebungen (durch Auswerfen von Ballast erzielt) ab. Wollte man landen, so zog man das Ventil, es entströmte soviel Gas, dass der Ballon zu fallen begann und man hinderte ihn nicht daran. Je nachdem man schneller oder kürzer landen wollte, ließ man mehr oder weniger Gas ausströmen.

Oft suchte man den Ballon knapp über der Erde — etwa 100 m oberhalb des Bodens — noch in die sogenannte untere Gleichgewichtslage zu bringen, um von dieser erst, thunlichst ohne Choc, zu landen. Die auf den Boden sich auflegende Schleifleine entlastete den Ballon, der Anker sollte fassen, so dass bei einer gut durchgeführten Landung der Ballonkorb den Boden ganz sacht berührte. Hierauf wurde das Gas durch Ventilziehen völlig entleert.

Eine neuere Art zu landen (in Deutschland und zum Teile in Österreich durchgeführt) besteht in einem völligen Aufreißen des Ballons an einer im voraus dazu präparierten Stelle, ehe er sich ganz zur Erde senkt.

Bei beiden Methoden wird dem Ballon das teuere, schwer zu beschaffende Traggas in radikaler Weise geraubt. Um eine neue Auffahrt machen zu können, müsste der Ballon aufs neue gefüllt werden, was eine Zeitverschwendung von Stunden und große materielle Kosten verursacht.

Lenkbare Ballons dürfen sich nicht so barbarischer Mittel bedienen. Diese müssen im Gegenteil sehr darauf bedacht sein, das so kostbare Traggas thunlichst lange dienstfähig zu erhalten, und deshalb mit vollem Ballon landen.

Ist man mit einem gefüllten Ballon gelandet, so beabsichtigt man meist in kürzerer oder längerer Zeit wieder weiter zu fahren. Der Ballon muss also in einer Weise gegen die Unbilden der Witterung gesichert werden, welche eine Garantie für dessen Fahrdiensterhaltung bildet.

Diese Unbilden der Witterung bestehen in Regen, Schnee, Hagel, Sonnenschein oder Wind.

Besondere Vorkehrungen, um Regen, Schnee, Hagel oder Sonnenschein abzuhalten, wird man wohl nicht anwenden. Regen und Schnee belasten den Ballon ziemlich stark. Diese Belastung muss aber vom Konstrukteur schon früher in Rechnung gezogen werden und geschieht auch in der Luft.

Die Gewichtszunahme der Ballonhülle in Folge atmosphärischer Einflüsse (Regen, Schnee) ist ziemlich bedeutend. Popper (Flugtechnik p. 48) ermittelte die Dicke der Regenhaut, welche eine vollkommen ebene und reine Metallfläche von 1 qm aufnimmt, wenn man das Wasser noch so vollkommen abtropfen lässt, mit $\frac{1}{23}$ mm, d. h. diese Metallplatte nimmt um $\frac{1}{23}$ kg pro 1 qm an Gewicht bei Regen zu. Bei Stoffen wird die Zunahme sicher das drei- bis vierfache dieses Betrages erreichen, also etwa pro 1 qm 0,12 bis 0,17 kg betragen, d. h. für einen Ballon von

$d_v = 10$ m und $e = 40$ m $= 180 - 240$ kg,
$d_v = 15$ m und $e = 50$ m $= 360 - 470$ kg,
$d_v = 20$ m und $e = 60$ m $= 900 - 920$ kg,
$d_v = 25$ m und $e = 70$ m $= 920 - 1250$ kg.

Es sind dies ganz bedeutende Gewichte, welche nicht vernachlässigt werden dürfen und bei der ersten Projektierung berücksichtigt werden müssen.

Stärkerer Sonnenschein dehnt das Gas aus, die Ballonets werden durch automatische Ventile ihrem Inhalte entsprechend verringert, und der Ausgleich auf diese Art und Weise getroffen.

Dauernden Schutz gegen diese Arten der Witterungsunbilden können allein Ballonhallen gewähren, welche aber nur an Hauptlandungsplätzen errichtet werden können. Auf diese werde ich hier nicht näher eingehen.

Eine sehr große Beachtung muss dem Winde geschenkt werden. Der Ballon wird stets eine große Angriffsfläche aufweisen, welche auf sehr solide Art und Weise geschützt werden muss. Dies kann auf dreierlei Art geschehen. Die eine besteht in dem Beschweren des Traggerüstes, und zwar so, dass dieses selbst als Anker dient, die andere in einer Verankerung der Hülle durch Seilwerk. Kann man an einer windgeschützten Stelle landen, dann ist diese Art von Schutz jedenfalls die beste.

Außer dieser Vorrichtung muss aber der Choc, den der Ballon beim Aufsetzen auf die Erde erleidet, durch eigene Landungsvorrichtungen aufgenommen werden.

Handelt es sich um einen überlasteten Ballon, so können die Hubschrauben zur Abschwächung des Stoßes mit herangezogen werden. Immer aber wird es vorteilhaft sein, Vorrichtungen anzuordnen, welche eine dennoch auftretende Erschütterung, ohne Schaden an der Konstruktion

zu verursachen, aufheben. Es können dies Kombinationen von Hebelwerken, mit anderen Mechanismen, so zum Beispiel mit Bremsvorrichtungen etc. sein.

Ein Ballonkonstrukteur, Graf von Zeppelin, hat zur Abschwächung dieser Stöße bei der Landung diese auf Wasserflächen vorgesehen; aber trotzdem alle drei Landungen des Zeppelin'schen Luftschiffes auf dem Wasser stattfanden — also auf einem sehr elastischen Medium — erlitt der Ballon doch jedesmal so starke Havarien, dass ein Wiederaufsteigen innerhalb 48 Stunden nicht möglich gewesen wäre, selbst wenn es die Tragfähigkeit des Ballons noch gestattet hätte.[124])

Es liegt mir ferne, deshalb den Zeppelin'schen Ballon anzugreifen. Solche Kinderkrankheiten bleiben keiner neuen technischen Errungenschaft erspart. Es ist dies nur ein Fingerzeig, dass in Zukunft den Landungsvorrichtungen eingehendere Beachtung geschenkt werden sollte. Dieser Vorwurf trifft aber alle lenkbaren Ballons. Allerdings kann ein auf festem Boden landender Ballon mit Hilfe der sogenannten unteren Gleichgewichtslage des Ballons und der Schleifleine eher ohne Choc landen, als ein über Wasser landender Ballon, der dieser Hilfsmittel entbehrt, denn über Wasser wird es nur ausnahmsweise möglich sein, die Schleifleine des Ballons von Menschen erhaschen zu lassen.

Ich verlange endlich von einem praktisch brauchbaren lenkbaren Ballon, dass er wenigstens annähernd auf jeder Bodenfläche, welche für ihn Raum bietet, landen kann, ebenso wie ich von ihm fordere, dass er ohne besondere Abfahrtsvorrichtungen sich in die Luft zu erheben vermag.

Über die Aufbewahrungsorte und Landungsstellen.

Der größte Feind des lenkbaren Ballons ist der Wind; Freund und Feind zugleich da Traggas. Auf die thunlichst lange Erhaltung dieses Traggases kommt es zumeist bei der rationellen Verwertung des Ballons an. Er muss daher nach Möglichkeit den Unbilden der Witterung entzogen werden. Den besten Schutz wird der Ballon in einer Halle finden, wo ihn weder Wind, Regen noch Sonnenschein belästigen und er jederzeit fachmännisch untersucht werden kann.

Es werden also an verschiedenen Orten Centralstellen für lenkbare Ballons entstehen, ähnlich den Bahnhofhallen unserer Eisenbahnen, die geräumig genug sind, um einem oder mehreren Ballons Unterkunft zu gewähren.

Diese Ballonhallen müssen naturgemäß sehr geräumig und mit weiten Thoren ausgestattet sein.

Ein besonderes Augenmerk ist darauf zu richten, dass der Ballon auch bei windigem Wetter ohne Schaden an seinem Organismus zu leiden, aus der Ballonhalle ausfahren kann. Vielleicht wird man sich entschließen, das Dach derart zu bauen, dass es geöffnet und geschlossen werden kann.

In Verbindung mit einer solchen Ballonhalle werden natürlich auch eine Menge Nebengebäude sein müssen, wie Werkstätten, sowohl für Motoren, als auch für Gerüst- und Ballon-Reparaturen etc. und Gasometer mit Füllmaterial u. dgl. m.

Das ganze Etablissement wird mit elektrischer Beleuchtung, als der am wenigsten feuergefährlichen, mit Telegraphen und eventuell mit meteorologischen Zweiganstalten ausgerüstet werden.

Ferner wird jede Landungsstelle mit einem elektrischen Signalapparate — einer Art Leuchtturm — ausgestattet werden müssen.

Momentan wäre es zu früh, die vorstehend skizzirte Anlage, wenn auch nur auf dem Papiere, weiter auszugestalten.

Es genügt für die Zwecke dieses Buches, vorläufig darauf hingewiesen zu haben, dass mit dem Erstehen einer regelrechten Ballonluftschiffahrt eine ganze Reihe von Etablissements, Einrichtungen und Vorkehrungen sich einbürgern müssen, welche unseren Nachkommen ebenso geläufig sein werden, wie uns die Einrichtungen der Eisenbahnen und Schiffahrt bekannt sind, welche sich auch erst im Laufe der Zeiten zu der jetzigen Höhe entwickelt haben.

Über die Kosten der Versuchsanstalten.

Wir wollen nun erwägen, auf welche Weise das »lenkbare Luftschiff« am wirksamsten gefördert werden könnte, sei es nun von staatlicher oder von privater Seite. Die Lösung und zweckentsprechende Ausgestaltung der flugtechnischen Frage ist nicht von heute auf morgen zu erwarten. Sie ist aber durch konsequenten Fleiß, Ausdauer und mit Hilfe von Geld bestimmt zu erreichen.

Wie das Kriegsschiff nicht das Produkt eines einzigen Menschen ist, sondern das Ergebnis der vereinigten geistigen und physischen Arbeit vieler Generationen tüchtiger Ingenieure, so wird auch das endlich verwendbare Luftschiff erst erstehen, wenn mehrere kraftvolle Naturen sich zu gemeinsamem Schaffen vereinigt haben werden.

Will man die Luftschiffahrt thatkräftig fördern, so creïre man unter der Leitung eines in den aëronautischen Wissenschaften, in der Maschinentechnik und in der Meteorologie wohl bewanderten, zielbewußten Chefs ein Bureau, in welchem Ingenieure, die ihre Vorstudien hierzu befähigen, mit einer Anzahl von Hilfskräften zu arbeiten hätten. [124a])

Die Teilung der Fächer hätte etwa nachfolgend zu geschehen:

Eine Gruppe bearbeitet die rein aëronautische Frage.

» » » » { Schraubenfrage. Luftwiderstand.

» » » » Motorenfrage.

» » » » { Technologie. Gerüstbau.

Diese Gruppen müssten mit entsprechenden Hilfskräften ausgestattet werden und eigene Werkstätten zur Vornahme von Experimenten zur Verfügung gestellt erhalten.

Die hierzu nötigen Kosten würden sich nach meiner Aufstellung etwa auf 20000 bis 30000 Kronen für die ersten Anschaffungen und Einrichtungen, wie für eine Fachbibliothek, Kanzleien, Modelltischlereien, Mechaniker- und Schlosserwerkstätten und für Versuchsmaterialien, und auf jährlich etwa 40000 bis 50000 Kronen für die dabei beteiligten Ingenieure und Arbeitskräfte belaufen.

Auf diese Weise könnte die Frage der Luftschiffahrt, systematisch betrieben, bald entscheidende Schritte nach vorwärts machen.

Es wird an so vielen Punkten an der Frage gearbeitet, es liegt ihre Lösung wirklich gleichsam in der Luft, so dass er nur eines energischen Angriffes bedarf und der Flüssigmachung finanzieller Hilfsmittel, um den ersten brauchbaren lenkbaren Ballon erstehen zu lassen.[125])

Die Kosten eines lenkbaren Ballons selbst werden sich je nach seiner Größe und der Zahl der Pferdestärken, mit welchen er ausgerüstet ist, auf ca. 200000 bis 300000 Kronen belaufen.[125a])

Ich fühle mich verpflichtet hier zu betonen, dass das Sparen in dieser Frage ganz am unrichtigen Platze ist.

Für die Zwecke der Luftschiffahrt ist das Teuerste, Beste vorerst eben noch gut genug. Der rationelle und billige Bau von Luftschiffen wird einer späteren Periode vorbehalten bleiben müssen, wenn schon mehr Erfahrungen vorliegen; heute gilt es in erster Linie zu zeigen, dass die Technik sich schon auf jener Stufe befindet, welche den Bau praktisch verwertbarer lenkbarer Ballons möglich erscheinen lässt.



Schlusswort.

Der »lenkbare Ballon« ist durch die Möglichkeit charakterisiert, ohne an eine bestimmte Bahn gebunden zu sein, durch die Luft überallhin gelangen können, wohin ihn der Mensch steuern will. Er kann das Luftmeer sowohl in horizontaler, als auch in vertikaler Richtung in beliebigem Sinne durchstreifen. Aber nicht nur diese Möglichkeit macht die endliche Lösung der Luftschiffahrtsfrage begehrenswert, sondern auch die Aussicht, mit diesem Fahrzeuge einst schneller, als es mit den gegenwärtigen Vehikeln möglich ist, von einem Orte zu einem andern zu eilen.

Freilich werden die bewegten Lasten im allgemeinen aus pekuniären Gründen nicht sehr groß sein können, stets wird man sich auf die Mitnahme von wenig Gepäck beschränken müssen, was ihren Wert wohl beeinträchtigt, jedoch nicht illusorisch macht.

Lebhaftes Interesse an der endlichen Lösung des Luftschifferproblems hätte vor allem der Staat behufs Erweiterung und Vervollkommnung seiner Heeresmacht, kaum geringeren Anteil würde die Handelswelt und der Schnellverkehr an derselben nehmen und nicht zuletzt käme die Wissenschaft.

Es soll hier nicht die Zahl der Umwälzungen, welche die ausübende Luftschiffahrt im Gefolge haben wird, näher besprochen werden, es liegt ja auf der Hand, dass deren Zahl groß sein wird. Die Licht- und Schattenseiten eingehender zu erwägen, ist Zeit, bis das erste Luftschiff sich bewährt hat, aber in kurzen Schlagworten soll auf einzelne dieser Faktoren doch heute schon hingewiesen werden.

Die voraussichtlichen Folgen der Erfindung der ersten praktisch verwertbaren Luftschiffe wären:

1. Das Aufblühen eines neuen technischen Verkehrsmittels, lebhafter Bau der Luftschiffe selbst und der dazu gehörigen Werkstätten etc.

2. Das Entstehen eines neuen menschlichen Berufs- resp. Beschäftigungszweiges. Neue Beamten- und neue Arbeiterstellen würden geschaffen werden, ohne dass andere dafür eingingen.

3. Die Creïrung neuer Kapitalsanlagen.

4. Das Entstehen von militärischen und merkantilen Luftflotten.

5. Eine voraussichtlich nicht unbedeutende Umwälzung des Kriegswesens. In strategischer Hinsicht hervorgerufen durch eine teilweise Basierung auf Luftflotten, zur Personen- und Materialbeförderung, in taktischer

durch Schlagen direkter Luftschlachten oder Beteiligung der Luftflotten zur Rekognoszierung und als Angriffswaffe.

6. Die Schaffung eines Universaltransportmittels. Da das Luftschiff an keine bestimmte Bahn gebunden ist, würde dasselbe an Gewässern, hohen Gebirgen, Landesgrenzen etc. keine Hindernisse finden.

7. Ein schnelleres und angenehmeres Reisen durch Entfall von Seekrankheiten und von Rauchbelästigung. Leichteres, bequemeres, im Sommer kühleres und interessanteres Reisen.

8. Einen schnelleren brieflichen wie persönlichen Verkehr für manche Orte.

9. Eine teilweise Umgestaltung des Zollwesens, Fall des Schutzzolles für manche Industriezweige und demgemäß Emporblühen des Freihandels.

10. Das Entstehen örtlich neuer Industriezweige, Verfall alter.

11. Infolge dessen große soziale Umwälzungen, besonders bis zur Stabilisierung der sich ändernden handelspolitischen Verhältnisse.

12. Eine bedeutende Erweiterung von Handel und Industrie.

13. Entstehen von Luft-Gendarmerie-, Polizei-, Finanzwachen.

14. Eine innige Allianz der staatserhaltenden Elemente und der benachbarten Staaten untereinander.

15. Heilung, resp. Linderung mancher Krankheitsformen, insbesondere neurasthenischer Natur.

16. Ein innigerer Anschluß der Völker untereinander durch Einführung eines rationellen Weltverkehres, endliche Einführung einer Weltsprache, Weltgeldes, Weltzeit u. dgl.

Die Vorteile und Nachteile, welche die Erschließung des Luftozeans in sich bergen, können aus obigen, nur die Hauptpunkte enthaltenden Zusammenstellungen leicht entnommen werden.

Werfen wir nach den im vorstehenden gemachten Ansführungen noch einmal einen Blick auf die Geschichte des lenkbaren Ballons, so bemerken wir folgenden historischen Gang seiner Entwicklung.

Erstes ernstes Auftreten in Frankreich mit dem Ballon Giffard entriert.

Ausgestaltung dieses Gedankens in Deutschland und in Österreich durch Haenlein und erfolgreiches Zusammenfassen aller guten Konstruktionsdetails durch Renard und Krebs in Frankreich. Dupuy de Lôme's und Tissandier's Ballon enthalten im Großen und Ganzen nur unwesentliche neue Gedanken und repräsentieren im allgemeinen keinen Fortschritt.

Renard kam mit $6^1/_4$ m p. s. Geschwindigkeit unter sieben Fahrten fünfmal wieder auf seinen Aufstiegort zurück und bewies damit [125b]) schon vor 18 Jahren, dass die **Frage der Lenkbarkeit** des Ballons als gelöst zu betrachten sei. Dagegen ist die **Frage der erforderlichen Eigengeschwindigkeit,** welche man einem lenkbaren Ballon geben müsse, noch nicht gelöst. Dies würde nach meiner Anschauung erst dann der Fall sein, wenn es gelingt, lenkbare Ballons zu bauen, die mindestens drei Stunden hindurch sich mit einer Geschwindigkeit von 14 m p. s. fortbewegen

können und nach jeder Landung auf festen Boden nach kurzer Zeit, d. i. nach 15—20 Minuten, ihre Weiterfahrt wieder antreten können.

Dupuy de Lôme, Tissandier, Yon und Dumont schufen nur Nachbildungen Giffard-Haenlein-Renard'scher Ballons mit unwesentlichen Verbesserungen, zum Teil sogar mit Rückbildungen.

Unabhängig von dieser »französischen« Schule entstand eine »deutsche« mit den Konstruktionen Schwarz und Zeppelin, welche starre Ballonhüllen schufen und mit Zeppelin's dritter Auffahrt auch bewiesen, dass dieses System mit Erfolg weiter ausbildbar sei. Speziell enthielt der Ballon des Grafen von Zeppelin eine Reihe hübscher Gedanken und eine Ausgestaltung, wie noch kein Ballon vor ihm, so dass sehr bedauert werden muss, dass aus Mangel an finanziellen Hilfsmitteln keine weiteren Experimente mehr mit einem neuen verbesserten Ballon nach diesem System gemacht werden konnten.[126])

Àlles in allem genommen, ist nach meiner Anschauung heute noch kein Ballon mit mehr als 8 Meter Geschwindigkeit in der Sekunde (und auch mit dieser kleinen Geschwindigkeit nur durch kurze Zeit) geflogen.

Warum bis jetzt die Luftschiffahrtsfrage sich so langsam entwickelt hat, erscheint im Kapitel VII des näheren ausgeführt.

Die wenigen bis nun vorliegenden, ernst zu nehmenden Versuche scheiterten an der Unzulänglichkeit der technischen und finanziellen Hilfsmittel, auch erkannte man das eigentliche Wesen des lenkbaren Ballons nicht klar genug.

Unverdient verlästert, galt es als ein Axiom der Flugtechnik, dass das Bemühen, einen Ballon lenkbar zu machen, ein vergebliches, ja ein thörichtes Beginnen sei.

Meine Ausführungen zeigen aber, dass sich in diesem Punkte eine sehr große Zahl von Luftschiffern auf Irrwegen, die auf falschen Anschauungen fußen, befinden. »Man rechnete nicht, man spintisierte blos, und probierte mit unzulänglichen Mitteln — daher der Mißerfolg!«

Meine Ausführungen zeigen den Weg, der zur Besserung dieser Verhältnisse führen soll.

Alle diese Thatsachen bestärken meine Überzeugung von der Möglichkeit der Vervollkommnung der Lenkbarmachung des Ballons. Endlich befestigte meine diesbezügliche Anschauung auch das Studium des Tierfluges. Betrachten wir z. B. einen Vogel, so bemerken wir in seinem Innern ein nach allen Regeln der Mechanik differenziert gebautes Skelett. Der tierische Motor des Vogels unterscheidet sich in seinem Wesen kaum von dem anderer Tiere, dagegen ist der Leib mit zahlreichen Federn bedeckt, die das relative Gewicht des Tieres, wie schon Prechtl sehr richtig bemerkte, bedeutend herabdrücken. Je besser der Flieger, desto mehr luftführende Höhlungen besitzt er; es ist also ein ganz bestimmter Gewichtsausgleich, der in der fliegenden Tierwelt — denn ähnliches gilt auch von den Insekten — sich überall nachweisen lässt.

Erst als es der Natur gelang, so feine, leichte und dabei doch so widerstandsfähige Knochen zu erzeugen, wie wir sie bei den Pterosauriern und Vögeln in der größten Vollendung anstaunen, konnten diese Tiere fliegen. Hand in Hand ging dabei eine entsprechende Ausgestaltung des Flugorganismus selbst und speziell der Flügel. Nicht mit Unrecht bewundern wir die Flügel der Insekten als ein Kunstwerk ersten Ranges. Wer die Entwicklung des organischens Lebens studiert hat, weiß, welche große Arbeit die Natur leisten musste, ehe es ihr gelang, fliegende Wesen von solcher Vollendung hervorzubringen.

Man sehe sich einmal den Stammbaum der Tiere an und sofort bemerkt man, dass fliegende Tiere nur dessen alleräußersten Spitzen angehören. Wiewohl keines derselben in seinem äußeren Habitus sich auch nur annähernd der Ballonform nähert, so lassen sich doch viele gemeinsame Punkte mit überlasteten Ballons nachweisen und diesen allein gehört unter den Aërostaten die Zukunft. Bei überlasteten Ballons wird die Hülle kleiner, das gehobene Gewicht größer. Der Ballon ist nicht mehr Hammer, sondern Ambos.[127])

Die von mir in diesem Buche wiedergegebenen Rechnungsresultate und graphischen Darstellungen gewähren in die Verhältnisse lenkbarer Ballons tiefe Einblicke. Man mag die jeweilige Ballonform oder die gewählte Annahme angreifen, manche Gewichte zu klein, andere zu groß finden, die Tabellen werden nach meiner Ansicht dadurch nicht an allgemeinem Wert verlieren. Mit entsprechenden Koeffizienten versehen, werden sie für jede Ballonform, für jedes Gewicht einer Balloneinheit (Hülle, Motor, Traggerüste etc.) leicht angewendet werden können und damit Aufschluss über die bei den zu betrachtenden Ballons herrschenden Verhältnisse geben. Sie dienen als kritische Sonde und werden uns, wie es in der Sprache der Zahlen einmal üblich ist — versteht man sie nur richtig zu deuten und anzuwenden — immer zur Wahrheit verhelfen und darin liegt ihr besonderer Wert.

Die Tabellen geben Aufschlüsse über die Möglichkeit der Erbauung lenkbarer Ballons, wie sie klarer und deutlicher nicht mehr verlangt werden können. Sie sagen uns in der beredten Sprache der Ziffern:

»Der Ballon ist schon mit den heutigen Mitteln der Technik nicht nur lenkbar zu machen — das ist ein schon gelöstes Problem —, es kann ihm auch eine solche Eigengeschwindigkeit gegeben werden, welche es erlaubt, sich dieses Kommunikationsmittels den allergrößten Teil des Jahres zu bedienen.

Mache ich den Ballon groß genug, so trägt er ganz bedeutende Lasten und fährt mit Geschwindigkeiten, die bei der Abnahme der Einheitsmotorengewichte noch von Jahr zu Jahr größer werden.

Diese Geschwindigkeiten erreichen bei windstiller Luft je nach dem Motorengewichte 13 — 15 — 17 auch noch mehr Meter, d. i. 45 bis 70 und noch mehr Kilometer pro Stunde.«

Gegenüber diesen Ausführungen verstummen die Einwände der Gegner lenkbarer Ballons, welche ihr Urteil nicht auf Grund umfassender einschlägiger Studien, sondern mehr von ihrem Gefühl beeinflusst abgeben, und sich nicht vorstellen können, dass eine »leichte Luftblase« — wie sie sagen — »Stürmen trotzen könnte!«

Mir ist keine einzige ernst zu nehmende Schrift bekannt, welche stichhaltige Gründe enthält, die die Unmöglichkeit der Benutzung lenkbarer Ballons an 95% Tagen nachweisen würde. Alle halten ausnahmslos einer näheren Prüfung nicht Stand und sind leicht zu widerlegen. Der lenkbare Ballon ist eben keine Gefühlssache oder eine Frage, an die mit halben Mitteln herangegangen werden darf, sondern ein wissenschaftliches Problem, welches — wie Moedebeck, der bedeutendste deutsche Schriftsteller auf aëronautischem Gebiete schon vor 14 Jahren schrieb — nur durch nüchternes Rechnen im Vereine mit vielen und kostspieligen empirischen Versuchen seiner Lösung näher geführt werden kann.

Auf Grund meiner, in diesem Buche niedergelegten Studien bin ich nun in der Lage zu behaupten:

»Willst du mit lenkbaren Ballons **reüssieren**, so baue **grosse** Ballons. Ohne große Ballons, keine großen Fahrtgeschwindigkeiten, keine längere Dauer der Fahrten und keine genügende Transportsleistung in Bezug auf Zeitdauer und Gewicht.«

Überall sagen aber auch die Kurven in so lebendiger Sprache, wie sie der gewandteste Redner in glänzenderer Weise nicht besser zum Ausdrucke bringen könnte:

»Der Jahrhunderte alte Traum der Menschheit nach der unbeschränkten Beherrschung des Luftozeans wird Dank dem heutigen Stande der Technik in unseren Tagen in Erfüllung gehen.«

Der Beginn der kräftigen Entwicklung des lenkbaren Luftschiffes kann nur mehr die Frage weniger Jahre sein. Seine Herrschaft wird mit der billigeren Erzeugung des Wasserstoffgases im Großen beginnen.

»**Der lenkbare Ballon ist also keine Utopie mehr! Er verdient das weitgehendste Interesse der Gelehrten, Physiker, Chemiker, Meteorologen und Techniker, vor allem der Luftschiffer und Maschinentechniker, der Militär- und Zivilverwaltungen und, last not least, der Finanzwelt!**«

Anhang.

1) **zu p. 2.** Siehe darüber im Kapitel III p. 97, Kapitel V p. 130 u. f. und Kapitel VII p. 203 u. f.

2) **zu p. 3.** Der erste Luftschiffer, welcher durch eine Verlegung des Schwerpunktes der Ballonachse eine schief nach aufwärts gerichtete Lage geben wollte, war Baron Scott (Aérostat dirigeable à volonté par M. le Baron Scott, à Paris 1789, 1 Volume in 8°, avec planches) im Jahre 1789. Diesen Gedanken trifft man bei vielen Projekten wieder, so z. B. bei Andrews, Nahl, Perham, Zeppelin, Dumont u. a. m.

3) **zu p. 3.** In dieser Schrift wurde der auf Seite 3 zu Ende des vorletzten Absatzes ausgesprochene Gedanke nicht weiter verfolgt, weil ich hier aus mehreren Gründen absichtlich kein eigenes Ballonprojekt bringen wollte, sondern nur allgemein gehaltene Ausführungen, zum Teil um mich nicht in Details zu verlieren und um den Umfang des Werkes nicht zu weitschweifig zu gestalten.

Den ersten Anstoß in dieser Richtung begegnen wir zu Anfang der sechziger Jahre des vorigen Jahrhunderts.

4) **zu p. 6.** Eine detaillierte Aufzählung aller bis jetzt projektierten Luftschiffe ist nicht möglich zu geben. Es ist aber zweifelsohne interessant, eine chronologische Reihenfolge einzelner kennen zu lernen. Manche von ihnen enthalten ganz hübsche Gedanken und erweitern unsern Gesichtskreis. Mit Ruder und Segel Ballons fortbewegen zu wollen, verrät geringe Kenntnis des Wesens und der Stärke der hier auftretenden Kräfte. Oft wird man dieselbe Idee mehrmals wiederkehrend finden. Ausgeführt wurde nur eine geringe Zahl.

Nachstehend folgt eine kleine, schlagwortartig gehaltene Übersicht lenkbarer Ballons: [128])

Martyn (1783). Kugelballon, unter demselben ein Fallschirm und unter diesem ein Vertikalsegel über der Gondel mit Steuer.

Blanchard (1784). Kugelballon, Fallschirm zwischen Hülle und Gondel, und vier große Leinwandruder in letzterer. Auffahrt 2. März.

Guyton de Morveau (1784). Ballon der Akademie von Dijon, Kugelballon, schifförmige Gondel mit zwei großen palmenblattartigen Rudern. Am Äquator vier rechteckige Steuer. Auffahrt 12. Juni.

Miolan und Janinet (1784). Eiförmige Montgolfière mit vertikal gestellter Längsachse und flossenförmigem Steuer, welches fischschwanzartig benutzt werden sollte. Aufstieg 11. Juli.

Carra (1784). Vertikal stehender mit einem oberen Gerüste versehener eiförmiger Ballon, aus dessen Gondel beiderseits eine Achse herausragt, auf welcher je drei verstellbare Segelräder sich befinden; langes, fast vertikales Steuer.

Brüder Robert (1784). Erster länglicher Ballon, welcher auffuhr, 17 m lang, 10 m Durchmesser, mit Wasserstoffgas gefüllt, Gondel 5 m lang, 5 Ruder, großes Steuer. Auffahrt 15. Juli von St. Cloud und am 19. September von Paris aus.

Brisson, Le Roy, Tillet, Cadet, Lavoisier, Bossut, De Condorcet und Desmarest (1784). Hülle von zylindrischer Form von 5—6fachem Ballondurchmesser. Aufstieg 24. Januar.



Fig. 61. »Lenkbarer Ballon« von Meusnier (1784).

General Meusnier (1784). Ovaler Ballon mit Innengerüste und Ballonet und an einer horizontalen Achse angebrachte schraubenförmige Flügel aus Musselin. Welle von Menschen bewegt, dreieckiges Steuer.

De Guyot (1784). Eiförmiger Ballon, dessen stumpfere Spitze voraneilt. Segel vor der Gondel.

Graf von Artois (1785). Kugelballon, Netz bis zur Gondel, zwei große Doppelruder. Luftschiff von Javel.

Pilâtre de Rozier und Romain l'aéro-montgolfière (1785). Zylindrische Montgolfière unter einem erwärmten Gasballon, wollte so durch wechselnde Erwärmung des Ballons ohne Gasverlust und ohne Ballastausgabe fallen und steigen können.

Masse (1785). Länglicher Ballon: $l = 20$ m, $d = 10$ m, vorne und rückwärts in Halbkugeln endigend. Zwei große aufklappbare Ruder und zwei fallschirmartig nach abwärts stoßbare Schirme. Lange Gondel.

Testu Brissy (1786). Kugelballon mit zwei horizontalen Kreissegeln.

Scott (1789). Fischförmiger Ballon mit Gondel in der unteren Seite der Hülle. Vorne und rückwärts Luftpolster.

Hénin (1801). Kugelballon mit langem Appendix, zwei Segel zwischen Ballon und Gondel und umgekehrter Fallschirm unter der letzteren.

Lennox (1834). Länglicher Ballon mit beiderseits aufgesetzten Segeln. Länge etwa 43 m, Durchmesser 11 m. $V = 2800$ cbm, Gondel

dicht unter dem Ballon, 22 m lang, 1 m breit. Sollte mit Rudern und Schaufelrädern bewegt werden.

Partridge (1843). Pneumodromon, Gestalt eines Sphäroids von 7:4:2 mit Ballonet und mit gasgespeister Dampfmaschine versehen. Traggas sollte durch Röhren, welche im Balloninnern kommunizierten, erwärmt werden. Längsachse mit Röhren versteift, welche sich an den Ballon fest anlegen. Gondel fest mit dem Sparrenwerk verbunden. In der Mitte Röhren mit innenliegender Feder als Stoßpuffer. Mehrere Schrauben. Gut durchdachtes, interessantes Projekt.

Renou-Grave (1844). Drei große Kugelballons, in deren Zwischenräumen noch eine Anzahl anderer Ballons situiert sind, zwei Gondeln zwischen den Ballons und vorn und rückwärts zwei Segel.

Jullien (1850). Kleiner Modellballon von 6 m Länge, stieg in Paris im Hippodrom auf (6. November). Im Verhältnis zur Länge sehr kleiner Durchmesser; horizontales und vertikales Steuer.

Sanson (1850). Kleiner fischförmiger Ballon mit großem Schwanzsteuer und Klappflügeln.

Pétin (1850). Vier große Kugelballons an einem Längengerüste in Verbindung mit einer schiefen Ebene angebracht, sollte durch drei Schaufelräder und durch zwei Schneckenschraubenpaare vorwärts bewegt werden. Vorderster Ballon war durch ein kleines Schild geschützt. Oberhalb der Gondel waren beiderseits des Ballons

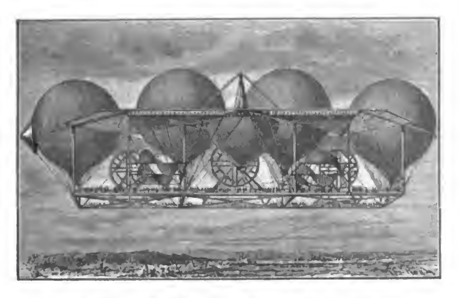


Fig. 62. »Lenkbare Ballons« von Pétin (1850).

aus 16 beweglichen Ebenen zusammengesetzte Tragflächen angeordnet. Das Gerüste war 70 m lang und 10 m breit projektiert. Die Hubkraft mit 15000 kg angenommen. Ballon sollte von zwei je drei Pferdestärken-Motoren vorwärts bewegt werden. Er wollte schief nach aufwärts steigen und sich dann in Wellenlinien fortbewegen.

Meller (1851). Sehr großer rhombischer Ballon in Spitzen endigend mit langem Traggerüste, knapp unter der Hülle und einer separaten Gondel, tief unter der Mitte. Beiderseits des Äquators je acht Schrauben, und oben und unten Horizontalsegel (nach der Zeichnung sechs Stück).

Lagleize (1853). Länglicher Ballon mit je zwei Paar Schlagflügeln.

John Henry Johnson (1853). Sphäroidaler Ballon mit versteifter Gondel und zwei hintereinandersituierten Schaufelrädern, Parachute, Propeller und langem Steuer, horizontales, verstellbares Segel.

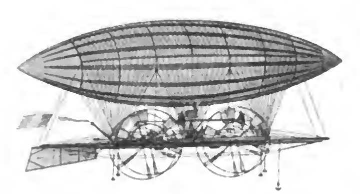


Fig. 63. »Lenkbarer Ballon« mit Luftschaufelrädern.

Lucien Fromage (1855). Ballon mit innerem durchlaufenden Kanal.

Terzuolo (1855). Kugelballon mit Innenballon, vor dem Ballon ein großes Segel, auf das von zwei Düsen in der Gondel mit Ventilatoren erzeugter Wind geblasen wird. Unter der Gondel ein Gaserzeugungsapparat.

Pillet (1857). Fischförmiger Ballon mit Schraubenantrieb im Schwanz, Horizontal- und Vertikalsteuer als Schwanz und horizontalen Tragflächen. Apparat Aérodophore genannt.

Farcot (1859). Von zwei Schrauben bewegter Ballon.

Camille Vert (1859). »Fliegender Fisch«. Lange Gondel mit je einer Schraube vorne und rückwärts an der Längsachse der Gondel. Eine Hubschraube in der Mitte; experimentierte im Industriepalast am 27. Oktober.

Contier-Grisy (1862). Form des Ballons ähnlich dem Zeppelin'schen, aber lange, durchlaufende Gondel.

Andrews (1863). Ballon bestand aus drei walzenförmig mit einander verbundenen Säcken (Luftfloss!) mit langer Gondel, in welchem auf einem Wagen ein Laufgewicht fuhr, das die Ballonachse verstellte. Soll in Wellenlinien mit einer Geschwindigkeit von 192 km (!) 20 Kreise von 2,4 km Umfang gemacht haben. Angabe als Beispiel frechen Humbugs, wie man ihn leider in aëronautischen Berichten wiederholt findet, hier wiedergegeben. 192 km entspräche einer Eigengeschwindigkeit von 53 m p. s.!

William Clark (1865). Drei längliche Ballons mit drehbarer Fläche zwischen Gondel und Ballon zum schiefen Auf- und Abstieg.

Delamarne (1865). Keilförmiger Ballon, Länge 30 m, Durchmesser 10,8 m, Volumen 2000 cbm. Schraube beiderseits der Ballonachsen und in der Gondel ein System von Schrauben, darunter

auch eine Hubschraube, aber mit Handkurbelantrieb. Bei der Auffahrt drehte sich der Ballon um seine eigene vertikale Achse.

Chéradame (1865). Ellipsoidaler Ballon aus Metall mit Vertikalstäben und langer Gondel, an welcher fünf Lufträder angebracht waren.

Richard Boyman (1866). Stählerner cylindrischer, mit konischen Spitzen versehener Aërostat von 600 Tonnen Gewicht, Länge 260 m, Durchmesser 65 m. Widerstandskraft $R = 2500$ kg. Motor 406 P.S.

Smitter (1866). Länglicher Ballon mit zwei Schrauben, je eine am Bug und Heck und äquatoriale Tragflächen.

Micciollo-Picasse (1871). Proponierte einen Aluminiumballon mit zwei Schrauben, je einen in der Achse der vorderen und hinteren Ballonspitze.

Cordonous (1875). Länglicher ellipsoidaler Ballon von einer Schraube angetrieben mit centraler steifer Achse. Mit Ammoniakmaschine von 85 kg, welche ½ P.S. leistete.

Vaussin Chardanne (1876). Hülle in zwei Teile geteilt, großes Vertikalsteuer am Heck und zwei Antriebsschrauben im obern vordern Teil des ersten Aërostaten.

William Jackson (1878). Kugelballon mit horizontaler und vertikaler Schraube an der Gondel.

Vaughan (1878). Zwei übereinanderstehende Ballons, die durch gegenseitige Verstellung ihrer Höhe regulieren können.

Lake (1880). Innen mittelst eines Gerüstes von Metallröhren versteifter länglicher feuersicherer Ballon. Das Innere ist in verschiedene Teile geteilt. Die Hülle bedeckt den ganzen oberen Teil des Ballons. Zwei Propeller vorne und rückwärts.

Brewer Griffith (1881). Zylindrischer Ballon mit je einer Antriebsschraube am Bug und Heck und einem langen Traggerüste und je einer Hubschraube an den Enden des Traggerüstes.

Blackman, Albert (1881). Mit Innengerüste versteifter länglicher, unten flacher Ballon mit seitlichen Antriebsschrauben, Rauchfang durch den Ballon gehend.

Pulkrabek (1882). Nach Art eines Schiffes, dessen Kiel nach oben zu liegt. Gondel fest mit Ballon verbunden. Vorwärtsbewegung durch Einsaugen der Luft von vorne und rückwärts ausstoßen (Reaktionswirkung) mit Ventilatoren. Hierzu noch eigene Ventile etc. Länge 100 m, Durchmesser 15 m etc., Volumen 6515 cbm. (Z. f. L. II. Bd. p. 289.)

Werner-Magdeburg (1882). Ballonfloss mit Schrauben vor dem Schwerpunkte und über der Schwerpunktebene. Achse verstellbar. Ballonhülle glatt gedrückt, geringe Höhe, große Breite. Vier Ballons 1,25 m lang, à 4,25 m breit, 3,75 m hoch. Tragfähigkeit 800 kg (Z. f. L. I. Bd. p. 264, II. Bd. p. 138).



Wolff (1882). 25 m langer Ballon von 6,3 m Durchmesser und 754 cbm Inhalt. 2 P.S. Anker als Laufgewicht zur Schiefstellung des Ballons. Schraubenachse in der Ballonachse, Gondel fest mit Ballon verbunden. Antrieb mit elektrischem Motor (Z. f. L. I. p. 6).

Koch (1883). Länglicher Ballon mit zwei gegenläufig rotierenden Oldhamrädern in der Ballonmitte, welche vertikale Achsen haben und Kajüte unter dem Rad. 12 P.S. — Gesamtgewicht 1900 kg (Z. f. L. II. Bd. p. 1).

Platte (1883). Ballon mit Segelflächen und durch Verschiebung der Gondel verstellbare Äquatorialfläche. Auftrieb 30 kg (Z. f. L. II. Bd. p. 200), überlasteter Kugelballon mit Äquatorialfläche und Schraube mit schiefgestellter Achse. Apparat 660 kg schwer, davon 330 kg durch den Ballon gehoben (Z. f. L. III. Bd. p. 48). Länglicher Ballon mit Äquatorialflächen, 44 m lang, wovon 900 kg Überlast sein sollten (Z. f. L. III. Bd. p. 51 und 271). Letztes Projekt in der Z. f. L. XVII. Bd. p. 117 ist als teilweise entlasteter Ballon mit zwei Hub- und zwei Vortriebschrauben (erstere in der Mitte des Ballons) und mit einer verstellbaren Tragfläche gedacht, die sich im Wellenfluge »fast widerstandslos« mit 20 m p. s. fortbewegen soll.

Wellner (1883). »Der lenkbare Segelballon«. 1) Kugelballon mit drehbarer Horizontalfläche ober der Gondel, 2) Ballons mit unbeweglichen am Ballon selbst horizontal fest angebrachten Segelflächen und 3) keilförmige Ballons ohne Segelfläche, genannt Fischballon, bei welchem der Ballonrücken und Bauch als Segelflächen dienen. (Ausführlich beschrieben mit Theorie in Z. f. L. II. Bd. p. 161—177.) Ein in Berlin mit einem solchen Ballon unternommener Aufstieg missglückte.

Lake, William (1884). Spindelförmiger Ballon mit lagerartigem Traggerüste in dessen Lagern die Achse des Ballons aufgehängt ist Vier in Hohlräumen am Boden des Traggerüstes hintereinander situierte Schneckenschrauben, unter dem sich der Motor in einer Gondel befand, sollten die Propulsion bewirken, Schraube im Steuer sollte Luft absaugen.

Fischer (1884). Zwei ineinander liegende Ballons, deren Fallen und Steigen durch Druckdifferenzen in den Ballons — wovon einer mit komprimiertem Gas zu füllen ist — bewirkt werden kann.

Haddan, Herbert John (1887). Längliches Luftschiff mit zylindrischem Rumpf und zwei Kegelspitzen aus Stahlplatten mit Vakuum als Steigkraft und Aëroplane beiderseits des Äquators. Propulsion durch Reaktion.

Gustafson, Wald (1887). Länglicher Ballon, unter dessen Mitte über einem Antriebrad ein Mann mit Pedalen eine Schraube mit schiefer Achse drehte und auf diese Art sich fortbewegte.

Parkinson (1888). Länglicher Ballon mit der Reaktionswirkung ausgestoßener Luft bewegt, welche zu diesem Zwecke durch ein Gebläsewerk mit Röhren durch den Ballon getrieben werden soll.

Beugger John (1888). Linsenförmiger Ballon, durch einen hufeisenförmigen Rahmen in dieser Form gehalten, zwei seitliche Antriebsschrauben, die, wenn sie mit verschiedenen Geschwindigkeiten laufen, ihn steuern. In der Vertikalen mit einem verstellbaren Gewicht regulierbar. Ballon ist überlastet und kann sich nur beim Vorwärtstreiben, indem der flächenartige Ballon als Aëroplan wirkt, erheben.

Yon, Gabriel (1888). Sphäroidaler Ballon mit zwei Antriebschrauben seitlich und unterhalb des Deplacementschwerpunktes.

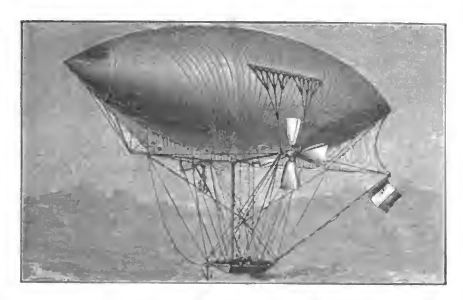


Fig. 64. »Lenkbarer Ballon« von Gabriel Yon, 1888 für die russische Armee ausgeführt.

Worms, James (1889). Länglicher überlasteter Ballon mit Tragflächen unter denselben und Rudern zu seiner wellenförmigen Fortbewegung.

Rieckert (1889). Länglicher Ballon aus untereinander liegenden Teilen gebildet, von einem Holzgerüste (Gitterwerk) gehalten, mit versteifter Ballongerüstspitze.

Grey, Ernest (1890). Länglicher Ballon in drei Fächer geteilt, aus Bambus, Draht etc. gebaut. Vortriebschraube an der Gondel von einer Radübersetzung mit Pedalen angetrieben.

Nahl, Perham Wilhelm (1891). Länglicher von einem Gerüste versteifter Ballon mit Balancegewicht, durch dessen Verlegung die Ballonachse schief gestellt werden konnte.

Miller von Hauenfels (1891). Länglicher Ballon mit Segelfläche, von zwei in der Ballonachse wirkenden Schrauben angetrieben, rechts und links des Äquators große drehbare Flächen.

Rose (1891). Fallschirmballon. Fallschirm überdeckt den Ballon, damit beim Platzen des Ballons der Fallschirm in Aktion tritt. (Ist überflüssig, nachdem die geplatzte Hülle selbst den Fallschirm bildet.)

Baussel (1891). Zigarrenförmiger Ballon, 220 m lang, 43 m Durchmesser. Hülle aus Metall projektiert. Gondel 52 m lang, 8 m breit, 8 m hoch.

Blümelhuber (1899). Drachenähnlicher Ballonflieger in Gestalt einer bikonvexen Linse mit zweiflügeliger Schraube vorne in der Verlängerung der Ballonachse.

Lochner (1899). Ballon mit unten angesetzter Drachenfläche von Treibflügeln bewegt. Vertikales und horizontales Steuer.

Krocker (1901). Ballon mit Drachenfläche mit hohler Achse, in der eine Schraube rotiert. Ballon durch Verschiebung der Gondel verstellbar.

Bradsky (1901). Zigarrenballon, 740 cbm, 34 m lang, Durchmesser 8 m. Kegelspitzen je 4 m lang, Buchet-Motor von 16 P.S. Schraube $d = 4$ m, $n = 350$ m, an der Stirnseite des Ballons angebracht. Steuer 4,5 qm. Hubschraube $d = 2{,}5$ m, $n = 400$—500. Zwei Segel beiderseits des Äquators von 12 m Länge und 1,5 m Breite zur Verhinderung des Stampfens.

Ganswindt projektierte in den beiden letzten Dezennien eine Anzahl teils sehr groß dimensionierter Ballons mit Masten, an denen sich viele Hub- und Vortriebsschrauben befanden.

Danilewsky (1897 bis 1899 in Kiew). Belastete, mit Schlagklappflügeln bewegte Ballons. Pilström und Oritscha. Neuestens fährt er mit einem Ballon mit vertikal stehender Längsachse auf. Der Apparat Type 1899 besteht aus einem Ballon, Aëroplan und aus dem jalousieartig gestalteten und führenden Mechanismus.[129]

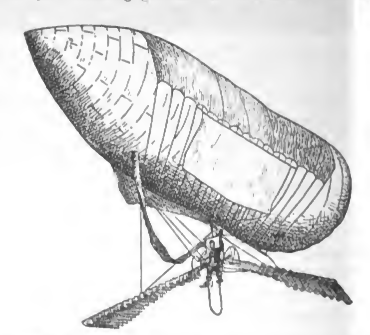


Fig. 65. Mit jalousieartigen Schlagrudern ausgestatteter Ballon.

5) zu p. 6. Das Projekt Meusnier ist vom historischen Standpunkte aus sehr beachtenswert und enthielt schon den größten Teil jener Grundelemente, mit denen wir heute lenkbare Ballons ausstatten, so das Ballonet, die längliche Form der Gondel etc.

5 a) **zu p. 7.** Solche Pläne sind nur vom Luftschiffe Dupuy de Lôme's in dessen mustergiltigem Berichte veröffentlicht worden. Vom Luftschiffe Zeppelin wurden mir durch die Liebenswürdigkeit Sr. Excellenz des Grafen von Zeppelin mehrere Pläne zur Verfügung gestellt, wofür ich hier nochmals meinen ergebensten Dank zum Ausdruck bringe. Im soeben erschienenen 1. Hefte (1902) der »Illustrierten aëronautischen Mitteilungen« hat Direktor Kübler der liquidierten »Gesellschaft für Luftschiffahrt« sehr interessante Daten über Zeppelin's Ballon veröffentlicht.[129a])

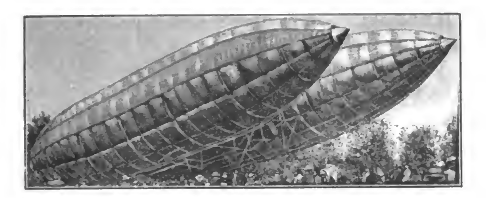


Fig. 66. Ansicht des Doppelballons von Rozé.

6) **zu p. 7.** Im Herbste des Jahres 1901 sollte sich der Doppelballon Rozé in die Luft erheben.

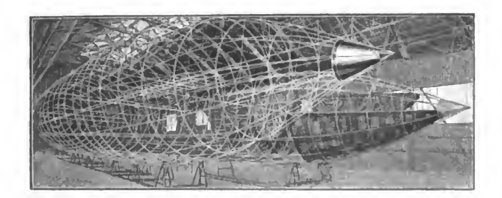


Fig. 67. Ansicht des Röhrengerüstes von Rozé.

Er bestand aus zwei zigarrenförmigen Ballons von je 45 m Länge und 7,5 m Durchmesser. Die Hüllen waren in einem Aluminiumröhrengerüste untergebracht. Dieses hatte 45 m Länge und war aus konzentrischen kreisförmigen Röhren aus gehärtetem Aluminium in verschiedenen Stärken ausgeführt. Jedes Gerüste scheint durch fünf Zwischenwände in sechs Abteilungen geteilt gewesen zu sein. Demgemäß bestand der ganze Ballon aus 12 Hüllenkörpern von je 5 m Länge. Die beiden Ballons waren durch sechs hohle Tuben, in welchen Gas kommunizieren konnte, was schon 1875 von Popper vorgeschlagen wurde, von 5 m Länge vereinigt. An diesen Tuben war auch die Gondel an 14 Aluminiumträgern aufgehängt. Sechs mit Kautschukrädern versehene Füße, welche noch durch Federn elastisch

gemacht wurden, erlaubten eine glatte Fortbewegung des Ballons auf dem Boden.

Die Gondel hatte zwei Etagen und 12 m Länge. Sie war halb ober-, halb unterhalb der drei inneren Traversen angebracht und spitz zulaufend. Das Luftschiff besaß fünf Steuer und vier Schrauben; zwei Schrauben sollten zur Erreichung der Höhe, je eine zur Vor- und Rückwärtsfahrt dienen.

Zwischen den beiden Ballons und über den drei oberen Traversen ist ein 4 m breiter, fixer Rahmen von 12 m Länge angebracht.

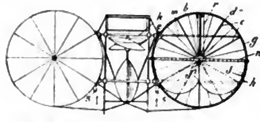


Fig. 68. Ballon Rozé, Querschnitt.

Dieser ist in 12 Teile geteilt und aus Aluminiumtraversen geformt. An diese 12 Traversen sind 12 Seidenflächen von je 1,10 m Breite angebracht, welche wieder an einem anderen inneren, beweglichen Rahmen befestigt sind und zwar derart, dass eine Art Roulette gebildet wird, welche einerseits von der Gondel aus dirigiert werden kann und andererseits selbstthätig ihre Stellung reguliert.

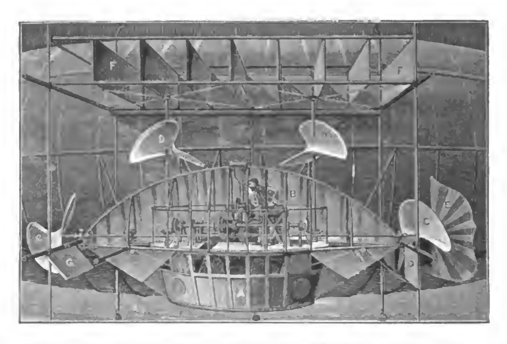


Fig. 69. Ideeller Längsschnitt durch die Gondel des Ballons von Rozé. *A* Gondel, *B* Maschinenraum, *C* Vortriebsschrauben, *D* Hubschrauben, *E* Steuer, *F* jalousienartige Tragflächen, *G* Horizontalsteuer.

Sie können im Falle einer Havarie mit den als Fallschirm sich aufblähenden Ballons eine Drachenfläche von 80 qm bilden.[129b])

Alle Stoffteile sind gegen Verbrennen durch Imprägnierung geschützt.

Der Petroleummotor, System Buchet, hat vier Zylinder, 20 Pferdestärken und Wasserkühlung. Die Schrauben besitzen 3,1 m Durchmesser, 5 m Steigung und eine Tourenzahl von 300.

Das Volumen der beiden Ballons beträgt 2800 cbm und das Totalgewicht 2500 kg (?).[129c])

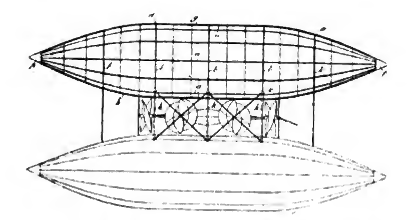


Fig. 70. Ballon Rozé. Draufsicht auf die beiden Ballons mit dazwischen liegendem Gerüste. Disposition der Versteifungen.

Diese dem L'Aérophile 1901 (p. 151 u. f.) entnommenen letzten Angaben dürften aber nicht ganz stimmen. Es verlautete, dass sich der Ballon nicht vom Boden zu erheben vermochte. Soweit ich den Illustrationen einzelner Blätter entnahm, dürften die Schrauben nicht den entsprechenden Nutzeffekt zu liefern vermocht haben, weil sie viel zu viel Flügelflächen besaßen und die Ballons zu klein waren. Immerhin weist das Projekt mehrere interessante Details auf.[130])

7) **zu p. 8 und 9.** In der Tabelle I bezeichnen:

d = der größte Durchmesser der Ballonhülle,

l = die achsiale Länge der Hülle,

F_{max} = die größte Querschnittsfläche der Hülle senkrecht auf ihre Längenachse,

ξ = den Reduktionskoëffizienten, s. p. 130.

F = die Äquivalenzfläche, d. i. nach von Loessl (siehe dessen Buch über die Luftwiderstandsgesetze etc. p. 245) »diejenige ideelle, ebene und rechtwinklig gestellte Fläche, welche einen mit der betreffenden Körperoberfläche (hier die Spitze des Ballons) gleich großen Widerstandsdruck empfangen würde«.

O = Oberfläche des Ballons,

V = Volumen,

N_e = Anzahl der effektiven Pferdestärken,

N_i = » » indizierten »

d_1 = Durchmesser der Schraube in Metern,

i = Anzahl der Flügel der Schraube,

n = Tourenzahl der Schraube in der Mitte.

Die Geschwindigkeit eines Punktes eines Schraubenflügels in der Sekunde in Metern ist:

$v = \frac{\pi d n}{60}$, wobei n die Umdrehungszahl per Minute bedeutet.

7 a) **zu p. 10.** Die Zeilen auf p. 10 wurden im März 1901 geschrieben. Die Thatsachen seither haben meine Behauptung gerechtfertigt. Vom Modell VI an verdient Dumont unsere Beachtung. Die früheren Modelle führten ihn selbst in die Aëronautik ein.

7 b) **zu p. 11.** Dumont ist 1901 mit seinem lenkbaren Ballon schon länger als eine Stunde gefahren und legte z. B. am 12. September mit dem Modell V, nach Aimé's Angaben, 45 km in der Luft zurück.

7 c) **zu p. 12.** Über die Ballons von Santos Dumont liefen verläßliche Daten noch spärlicher als über Schwarz's Ballon ein. Die Erklärung der Begriffe der relativen Ballongewichte ist auf Seite 98 gegeben.

Sehr dankbar werde ich Jedem sein, der mich auf Irrthümer in den Tabellen I und II aufmerksam macht, ich weiß recht gut, dass darin manches mangelhaft sein wird, bin jedoch gegenwärtig leider nicht in der Lage, mehr zu bieten.[131])

8) **zu p. 15.** Giffard projektierte in der Folge einen Ballon von 30 m Durchmesser, 600 m Länge, 220000 cbm Inhalt, dessen Motor 30000 kg (ca. 600 P.S.) und dessen Geschwindigkeit 20 m erreichen sollte. Endlich sei noch erwähnt, dass Giffard für Luftschiffahrtszwecke ein bedeutendes Legat hinterlassen hat.

9) **zu p. 16.** Hier sei auf eine Abhandlung Popper's in seinen »Flugtechnischen Studien« p. 8 und 9 hingewiesen.

10) **zu p. 17.** Über die Bedeutung des Reduktionskoëffizienten siehe p. 130.

Dupuy de Lôme baute seinen Ballon im Vereine mit dem Luftschiffer Yon und mit dem Ingenieur Zédé. Ein Kredit von 40000 fr. wurde ihm als Extraordinarium des Unterichtsministeriums zugewiesen. Nach Beendigung des Krieges 1870/71 wurden die Arbeiten eingestellt, im Februar 1872 auf Betreiben des Unterrichtsministers Simon wieder aufgenommen.

Einige ergänzende Daten über das Luftschiff von Dupuy de Lôme verdienen noch unser Interesse, weil sie in dieser Vollständigkeit von keinem anderen Aërostaten vorliegen.

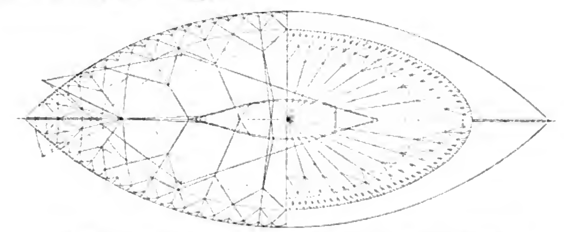


Fig. 71. Disposition des Netzes am Ballon von Dupuy de Lôme.

Das Netz bestand aus zwei Teilen: aus einem Außennetz (Fig. 71 linke Seite), welches in der Höhe des horizontalen Meridianes mittelst

eines Bandes und einer gabelförmigen Aufhängeart, die den Druck der Seite gleichmäßig verteilt, am Ballonhemde befestigt war und mit seinem anderen Ende die Gondel trug. Das zweite Netz, das Balanciernetz (Fig. 71 rechte Seite), ist am unteren Ende des Hemdes in ähnlicher Weise angebracht, vom anderen Netz ganz getrennt und bildet zwei, mit ihren Spitzen aufeinanderstehende Kegel, deren Basisenden einerseits an der Gondel, andererseits an den Berührungslinien der Oberflächen des Ballons angebracht sind. Durch diese Anordnung sollte eine besonders solide Verbindung zwischen Gondel und Ballon erreicht werden. Die Fig. 72 zeigt die Seitenansicht des Ballons von Dupuy de Lôme mit der Disposition des Ballonets.

Die Gondel war hauptsächlich aus Weidengeflecht konstruiert und von einer Länge, welche es ermöglichte, ziemlich bequem den Motor, den Ventilator zum Füllen des Ballonets und 14 Mann unterzubringen, und zwar acht Männer, welche an der Winde arbeiteten, einen am Ventilator beschäftigten Mann, einen Arbeiter, welcher das Steuern besorgte, einen der den Ballast auswarf, einen anderen für die Ventile (soupapes), das Halteseil und den Anker, und endlich zwei Personen, von denen die eine die Fahrtrichtung dirigierte und die andere den Weg, welchen der Ballon zurücklegte, auf der Karte anzeichnen sollte.

Die Schraube war unmittelbar von der Gondel getragen. Die Schraubenspindel befand sich in der oberen Mitte der Gondel, parallel zur Länge der großen Achse des Tragballons. Sie bestand aus einem hohlen Stahlrohr, welches an seiner rückwärtigen Öffnung die Schraubennabe enthielt, von welcher die Schraube leicht abnehmbar war und vorne die Drehkurbel.

Fig. 72. Seitenansicht des lenkbaren Ballons von Dupuy de Lôme.

Der Stoff bestand aus weißer Taffetseide per qm 52 g schwer, einem Nansuk, welcher 40 g wog und sieben Kautschuklagen zwischen Taffet und Nansuk. Diese sieben Lagen wogen per qm zusammen 148 g, was einem Gewicht von 240 g auf den qm Dichtung gleichkommt. Um die Verbindung dieser Lagen Kautschuk, des Taffet und des Nansuk zu bewirken, hat man zuerst zwei Lagen auf den Taffet aufgetragen, dann fünf Lagen auf den Nansuk, dann wurden die beiden Stoffe unter starken Druck zwischen Dampfzylindern aufeinander gepreßt.

Zur Herstellung des Ballons bedurfte man 1505 qm Stoff (incl. des Stoffes für die Herstellung von Nähten, Bändern etc.), welcher pro 1 qm ohne Firniß 250 g wog, daher wog der Ballon ohne Firniß 376,2 kg. Der Firniß wog pro qm 100 g, daher 122,5 kg für den ganzen Ballon, d. h. der große Ballon wog 483,7 kg.

Das Ballonet hatte eine Oberfläche von 170 qm und bedurfte 200 qm Stoff zu seiner Herstellung, wog daher 65 kg.

Bezüglich der Arbeitsleistung sagt Dupuy de Lôme p. 53: »Die acht Männer entwickelten eine Arbeit, deren genaues Maß ich zwar nicht besitze, die ich aber nicht höher als 60 m. kg s. schätzen würde.« Es kommt somit auf einen Mann nur eine Leistung von $7^1/_2$ m. kg s., was offenbar viel zu niedrig ist, wie schon Popper in seiner Flugtechnik p. 9 auseinandersetzte.

»Man muss bedenken, dass Dupuy sich gewiss keine schwachen Matrosen ausgesucht hatte, dass die ganze Arbeitszeit nur nach Minuten zählte und dass eine solche Ballonfahrt jeden anspornt, sein Möglichstes zu leisten, so dass eine kurzwährende bedeutende Erhöhung der Leistung der acht Männer als sicher angenommen werden kann«. Lénicollais meint 40 m. kg s., Rühlmann 26 m. kg s. für so forcierte Arbeiten einsetzen zu können, die »Hütte« (Des Ingenieurs Taschenbuch) nimmt bei zweiminutlicher Ablösung 37 m. kg s. für die Maximalleistung eines Menschen an.

11) zu p. 20. Im Jahre 1870 ließ Haenlein in seiner Vaterstadt Mainz das Modell eines Luftschiffes aufsteigen, das sehr gut funktioniert hat. Er stellte folgende drei Hauptpunkte für die Erbauung eines Luftschiffes auf:

1. Als Arbeitsmaschine des Ballons ist am besten eine mit dem Traggas gespeiste Gasmaschine zu verwenden.
2. Die Schraube ist so nahe als möglich an den Ballon und an dessen Vorderteile anzubringen.
3. Die Gondel ist mit der Hülle thunlichst fest zu verbinden.

Das Modell wies folgende Dimensionen auf: $d = 4$ m, $l = 12$ m, $V = 112$ cbm, $O = 113$ qm, $\gamma_1 = 0{,}4$ kg (daher Steigkraft pro cbm 0,78 kg), totale Steigkraft des Ballons 87 kg, Gewicht pro 1 qm Ballonoberfläche = 0,25 kg, $v = 2$ m, Fahrtdauer vier Minuten, Durchmesser der Schraube 1,8 m, Effekt 0,33 P.S. Motor: Zylinderdurchmesser 4 cm, Hub 7 cm, $n = 240$, $a = 8$, Füllung des Zylinders 0,75%. Gewichte in kg: Hülle = 28, Netz, Schnüre = 9, Steuer, Verstrebungen = 2, Motor = 5, Reservoir = 26, Ventile und Diverses = 5, zusammen 77 kg.

Die Gasmaschine des Haenlein'schen Ballons bestand aus vier horizontalen gegenüberliegenden Zylindern, die auf eine gemeinschaftliche Kurbelachse von vier Kurbeln einwirkten; je zwei dieser Kurbeln standen einander gegenüber und bildeten mit den zwei anderen rechte Winkel. Man erreichte durch diese Anordnung folgenden Zweck:

1. Vermied man durch die gegenüberliegenden Kurbeln das Schwanken. das sonst durch die hin- und hergehenden Massen entstehen würde.

2. Kann man durch die rechtwinkelige Stellung der Kurbeln gegen einander das Schwungrad auf ein Minimum reduzieren. Die Zylinder der Gasmaschine waren in Rotguss ausgeführt, die Schieber in Messing; die Rahmen der Lager waren Stahlblech; die Verbindungen zwischen diesem Rahmen und den Zylindern bestanden in Stahlröhren; Geradführung: Schmiedeisen in T-Form; Kreuzkopf: Rotguss; Schubstangen: hohler Gussstahl; die Kurbelachse mit den vier Kurbeln und den vier Exzentern für die Auslassschieber bestanden in einem Stück Gussstahl. Auf dem hinteren Ende dieser Kurbelachse saß die aus Kanonenmetall angefertigte Nabe für die Schraube, an dem vorderen Ende die zwei isolierten Arme für die elektrischen Verteiler. Zylinder und Zylinderdeckel waren mit Kühlwasser umgeben und die betreffenden Kühlwasserräume durch kommunizierende Röhren mit einander verbunden. Die beiden Speisepumpen für die Kühler wurden durch die Exzenter der Einlasschieber bewegt; sie sogen das erwärmte Wasser aus den Zylindermänteln und drückten es in die oberen Röhren der Kühler. Die Konstruktion der Maschine war nach System Lenoir, nur waren die Details, um sie leicht zu halten, hohl ausgearbeitet. Für je zwei Zylinder war ein elektrischer Verteiler und ein Funkeninduktor mit Platinelementen vorhanden.

Dimensionen. Zylinderdurchmesser 16 cm; Hub 24 cm; Kolbengeschwindigkeit (bei 90 Umdrehungen per Minute) 0,72 m; Pferdestärke der vier Zylinder 3,6 effektiv. Die Gasmaschine wurde von der Firma Ed. Paget & Comp. in Wien ausgeführt, die Montierung und Anfertigung des elektrischen Teiles derselben geschah durch Carl Bayrer in Mainz, die Funkeninduktoren wurden von Hauck in Wien geliefert.

Kühler. Die Kühler, zu beiden Seiten der Gondel herlaufend, bestanden aus äußeren Holzrahmen, die mit wasserdichtem Stoffe überzogen waren. Dem unteren Teile des Kühlers entlang lief eine u-förmige Blechrinne von vorne nach hinten steil abfallend, die das abgekühlte Wasser rasch in die Zylindermäntel zurückführte. Die vordere und hintere Stirnfläche des Kühlers war offen, um der Luft bei der Bewegung des Ballons freien Durchgang zu gestatten. In jedem Kühler liefen oben der Länge nach fünf Stück Messingrohre von 12 mm Durchmesser, die an ihrem unteren Teile alle 20 mm mit einem Loche von 3 mm versehen waren. Der ganzen Länge und der ganzen Höhe des Kühlers nach waren fünf Lagen dünnes Messingdrahtsieb aufgespannt. Das warme Wasser wurde nun durch die Pumpen aus den Zylindermänteln gesogen und in die oben angebrachten Messingrohre gedrückt, durch deren untere Löcher es in einem feinen Regen auf die Messingdrahtsiebe träufelte; es benetzte deren Oberfläche, glitt langsam nach abwärts, sammelte sich in der Rinne und kehrte abgekühlt zu den Zylindermänteln zurück. Ein und dieselbe Quantität Wasser bewegte sich daher in einem beständigen Kreislauf durch die Zylindermäntel und Kühler. Die Wirkung des Kühlers war eine

sehr wirksame, was der großen, der Luft exponierten Abkühlungsfläche von 44 qm zugeschrieben werden muss.

Die Maschine empfing durch ein Verteilungsrohr direkt aus dem großen Ballon das zu ihrer Speisung nötige Gas; in dem Maße, als die Maschine Gas konsumierte, wurde der innere Ballon durch Luft aufgeblasen, damit die Form des großen Ballons immer erhalten bleibe. Der durch die Speisung der Maschine entstandene Gasverlust und die damit verbundene Abnahme der Tragkraft des Ballons wurde durch Verdunstung eines Teiles des Kühlwassers ausgeglichen.

Die Maschine war zu wiederholten Malen länger als eine Stunde ununterbrochen im Betrieb und wurden die Zylinder nicht so heiß, als die einer in Funktion sich befindlichen Dampfmaschine. Die Wirkung der Kühler an dem Ballon würde noch erhöht worden sein, wenn sie beständig von der Luft durchstrichen worden wären. Die Quantität des Kühlwasserverbrauches betrug pro Stunde 10—12 kg. Der Gasverbrauch für die vier Zylinder stellte sich auf 6 (5—7) cbm.

Die Fahrten des Ballons erstreckten sich auf 600 m, die Maximalgeschwindigkeit schätzte Haenlein auf 5 m. Die durch die Maschine hervorgerufenen Vibrationen erwiesen sich als kaum verspürbar. Die Befestigung von der Gondel am Ballon wurde sehr gelobt.

Haenlein selbst schlug folgende Verbesserungen vor:

»1. Durch Füllung des Ballons mit Wasserstoffgas statt mit Leuchtgas könnte man seine Tragkraft um 50 % erhöhen.

2. Die Maschine ließe sich noch bedeutend leichter ausführen, indem man die Zylinder aus Gusstahl statt aus Rotguss herstellt, ferner kann man noch sehr viele Teile weiter ausarbeiten, wie z. B. die Zylinderdeckel, Zylinderflanschen, Kolben, Lager, Kurbelachse etc.; auch können die Geradführungen aus Gusstahl statt aus Schmiedeeisen angefertigt und selbst die Schrauben durchbohrt werden. Durch alle diese Erleichterungen könnte man 40—50 % von dem Gewichte der Maschine, ohne ihrer Stärke Eintrag zu thun, ersparen.

3. Konstruktion sämtlichen Rahmenwerkes, der Steuerruder, der Gondel und des Kastens, der die Kühler einschließt, aus Bambusrohr.

4. Verwenden einer besseren Seide und einer solchen von größerer Breite, Anfertigen von Netz und Schnüren aus Seide.

5. Endlich lässt sich durch eine Vergrößerung des Luftschiffes seine Geschwindigkeit auch noch steigern. Haenlein sagt: »Durch die Vergrößerung der linearen Dimensionen im einfachen Verhältnis nimmt der Querschnitt, also auch der Widerstand im Quadrat zu, während der Kubikinhalt, also Tragkraft und Maschinenkraft, im Kubus wächst.«

12) zu p. 22. Dr. Wölfert's Vorgänger und Kompagnon Baumgarten begann in Leipzig im Jahre 1879 seine Versuche. Seine Idee war, ein

Luftschiff schwerer als die Luft zu schaffen, welches sich durch Hubschrauben erheben nnd durch seitwärts angebrachte dreiflüglige Wendeflügel in der Horizontalen bewegen sollte. Eine innige Verbindung zwischen Ballon und Gondel stellte er in der Weise her, dass er an der Unterseite des Ballons zwei Stoffstreifen befestigte, durch welche zwei entsprechende Stangen durchgesteckt werden, welche ihrerseits mit der Gondel durch Klammern fest verbunden wurden. Die den Ballon tragenden Seile gingen durch diesen hindurch.

Baumgarten selbst formulierte seine Idee folgendermaßen:

1. »Das Luftschiff ist etwas schwerer als die umgebende Luft oder es befindet sich wenigstens mit derselben im spezifischen Gleichgewicht, und erst mit Hilfe der Fortbewegungsapparate soll es in die Höhe resp. herunter getrieben werden.
2. Durch Anbringung von Fallvorrichtungen an der unteren Seite des Ballons lässt sich das Volumen desselben der Steighöhe angemessen vergrößern oder verkleinern, so dass jeder Gasverlust vermieden wird, mit Ausnahme desjenigen, welcher trotz bester Ballonhülle durch Endosmose und Exosmose eintritt.
3. Der Gasballon bildet mit der Gondel ein Ganzes, und zwar in der Weise, dass die die Gondel haltenden Seile den ersteren durchbrechen, d. h. durch denselben gehen. Um diese innige Verbindung zwischen Ballon und Gondel noch solider zu gestalten, sind längs der unteren Seite des Ballons zwei Stoffstreifen befestigt, durch welche zwei entsprechende Stangen hindurchgeschoben werden, welche ihrerseits mit dem die Gondel haltenden Querbalken durch eiserne Klammern fest verbunden sind.«

Im Jahre 1879 wurden mit einem gangbaren Modell des Baumgartenschen Flügelluftschiffes auf der Wiese des Forsthauses zu Grünau bei Chemnitz Versuche angestellt; das hierüber aufgenommene Protokoll wolle man im ersten Bande der Zeitschrift für Luftschiffahrt nachlesen.

Das Modell wurde durch Federkraft getrieben. Es bestand aus einem 12,5 m langen, 3,75 m breiten und 3,75 m hohen Ballon von 100 cbm Volumen und 112 kg Tragkraft. Das Gestell, welches zwei mit starken Federn (à 0,1 Pferdestärke) in Verbindung stehende Wendeflügelpaare von je 2 m Durchmesser und ein Steuerruder von 2 m Länge trug, war sowohl durch Einklemmung des Ballonstoffes an den Längsleisten des Gestelles, als auch durch drei in Futteralen befindliche Seile, welche den Ballon durchbrachen, sowie durch mehrere Bänder mit dem Gasballon verbunden. Längs der oberen Seite des Ballons waren diese drei Tragseile durch einen starken Gurt mit den beiden Ballonspitzen in Verbindung gebracht. Unten am Gestell war ein Kompensationsseil befestigt.

Der erste Band der »Zeitschrift für Luftschiffahrt« enthält folgende Daten über dieses Luftschiff: Der ellipsoidisch geformte Ballon hatte eine Länge von 17,5 m und einen Durchmesser von 6 m. Der Inhalt stellte sich somit auf 330 cbm und die Tragkraft auf 370 kg. Die Hülle des

Ballons bestand aus Chiffonstoff, welcher fünfmal mit Leinölfirniß und einmal mit einer Mischung aus Glycerin, Gelatine, Holzessig und Tannin gedichtet und für Wasserstoffgas ziemlich undurchdringlich gemacht wurde. Längs der oberen Peripherie befanden sich sieben mit Luft gefüllte Gummikissen, welche die durch den Ballon gehenden Tragseile hielten. Diese Seile steckten in gasdichten Hüllen. Durch Anwendung dieser Seile, welche die Gondel trugen, und der Luftkissen wurde der Druck auf die Ballonhülle gleichmäßig vertheilt. An der unteren Seite des Ballons befanden sich zwei Stangen, welche von zwei an den Ballon genähten Stoffstreifen umhüllt wurden. An diese Stangen und an den Querbalken der Gondel waren sieben Gurten, welche oben mit den Luftkissen verbunden wurden, befestigt. Die den Ballon durchbrechenden Seile waren zum Teil mit dem genannten Querbalken, zum Teil mit Querstäben verbunden, welche sich an den Enden der beiden Stangen befanden.



Fig. 73. Dr. Wölfert's Ballon Deutschland. Gesamtansicht.

Die Gondel bestand aus einem Querbalken, zwei T-förmig eisernen Haltern und dem Korbe. Unten an dem Korbe war eine dreiflügelige Schiffsschraube situiert. Zum Schutz dieser Schiffsschraube dienten vier an der Gondel angebrachte Füße. In der Gondel, welche zwei Personen aufnehmen konnte, war eine wagrecht liegende eiserne Welle nebst Kurbel. Die wagrechte Welle war durch konische Räder mit einer senkrecht stehenden Welle und diese wiederum auf gleiche Weise mit einer parallel zum Querbalken liegenden eisernen Welle in Verbindung gebracht. Durch diese letztere Welle erhielten die beiden unmittelbar unter dem Ballon angebrachten Wendeflügelpaare die durch mehrere Umsatzräder regulierte, zur Fortbewegung des Luftschiffes in horizontaler Richtung günstigste Rotationsgeschwindigkeit (per Sekunde drei Umdrehungen).

Durch Einschaltung elliptischer Räder in den Bewegungsmechanismus erhielt man den Vorteil, dass die Flügel beim Rückgang sich weniger schnell bewegten, als wenn sie mit ihren Breitseiten die Luft zurückdrängten. Durch letzteren Vorgang erteilten die Wendeflügel dem Schiffe eine der Rotationsrichtung entgegengesetzte Vorwärtsbewegung. Durch eine an der dritten (Parallel-) Welle angebrachte Ausrückvorrichtung konnte man je nach Belieben nur eines der Wendeflügelpaare arbeiten lassen, wodurch eine schnelle Lenkung des Schiffes erzielt werden konnte.

Die vorstehende Figur zeigt den Ballon »Deutschland«, mit welchem Wölfert und Knabbe verunglückt sind.

Die Befestigung der Gondel mit dem Ballon bestand anfangs bei Wölfert aus durchgehenden Bändern, die außen oben auf Gummikissen auflagen, später und zuletzt hatte er auch Schlaufen- und Stangenbefestigung.

13) zu p. 25. Tissandier's Ballon ist nach dem Dumont'schen der kleinste lenkbare Ballon. In seinem Vortrage an die französische Akademie der Wissenschaften äußerte sich Tissandier folgendermaßen:

»Die kürzlich gemachten Verbesserungen an dynamoelektrischen Maschinen und der Gaston Planté'schen sekundären Batterie zur Aufspeicherung der Elektrizität veranlassen mich zur Benutzung derselben für die Luftschiffahrt mittelst Ballons. Die sekundären Batterien haben nur ein geringes Gewicht, bergen eine große Kraft in sich und gewähren für unsern Fall besondere Vorteile, da sie keine Gefahr für den mit Gas gefüllten Ballon sind, kein Gewicht verlieren und auf die leichteste Weise in und außer Thätigkeit gesetzt werden können. Mein Experimentalballon hat eine länglich-spitze Gestalt, ist 4 m lang, mit 1,75 m Durchmesser in der Mitte. Der Ballon ist mit reinem Wasserstoffgas gefüllt und hat eine Hebekraft von 2 Kilogramm. Ein Siemens'scher Elektromotor, von G. Trouvé konstruiert, wiegt 220 Gramm und dient zur Drehung einer zweiflügeligen Luftschraube von 40 cm Durchmesser, die sekundäre Batterie wiegt 0,14 kg, giebt der Schraube mittelst der elektrischen Maschine $6\frac{1}{2}$ Umdrehungen in der Sekunde und erteilt dem ganzen Luftfahrzeuge eine Geschwindigkeit von 1 m in der Sekunde. Mit zwei sekundären Elementen von 1 kg Gewicht und einer Schraube von 60 cm Durchmesser erhält das Fahrzeug durch 10 Minuten eine Geschwindigkeit von 2,5 m pro Sekunde.

»Hierauf habe ich mir von dem Aëronauten Lachambre ein zweites Modell von 4 m Länge konstruieren lassen, welches auf der elektrischen Ausstellung in Palais de l'Industrie zu sehen war. Der Ballon wurde an einem ausgespannten Drahte durch das Gebäude geführt, ähnlich, wie er jetzt noch im Conservatoire des Arts et Metiérs zu sehen ist. Das Gewicht des Motors und des Elementes betrug weniger als 2 kg, so dass es also die Hebekraft des Ballons nicht übersteigt und der ganze Apparat nicht etwa auf dem Drahte hängt, sondern von ihm geführt wird, die Schraube von 30 cm Durchmesser wird von einer Trouvé'schen Maschine

von 220 Gramm Gewicht gedreht. Die Geschwindigkeit hängt dabei von der Spannung und Quantität des Stromes ab. Der Apparat ist mit einem stellbaren Steuer versehen.«

Die von Siemens zu Tissandier's Zwecken hergestellte Dynamomaschine bestand in ihren einzelnen Stücken aus Gusstahl, die im Verhältnisse zu ihrem Durchmesser sehr lange bewegliche Spule aus fünf Stahlbündeln, während vier Elektromagnete letztere umgaben. Die Schleifbürsten konnten nach Belieben verstellt werden. Alle Nebenapparate der Dynamomaschine waren auf ein Minimum ihres Volumens und Gewichtes herabgedrückt, und das gesamte Material, um das Gewicht des Ganzen zu verringern, statt auf Eisen, auf einem Holzblocke montiert. Der Gesamtapparat wog 55 kg. Die elektrische Batterie, welche diesen Motor in Bewegung setzte, bestand aus vier Kästen, von denen jeder sechs Hartkautschukzellen enthielt. Jede Hartkautschukzelle schloss elf Kohlenplatten von 16 cm Höhe auf 8 cm Breite und 3 mm Dicke ein. Zwischen diesen elf Kohlenplatten waren zehn etwas kleinere amalgamierte Zinkplatten von nur 1½ mm Dicke zwischengeschaltet. In den Boden jeder Hartkautschukzelle war ein mit einem Schlauche versehenes Hartkautschukröhrchen eingelassen, welches zu einem großen, mit regenerierbarer Flüssigkeit gefüllten Gefäße führte. Wenn man die Welle mittelst eines kleinen Flaschenzuges in die Höhe hob, so füllten sich die Zellen nach dem Gesetze der kommunizierenden Röhren; die regenerierende Flüssigkeit berührte das Zink und der Strom begann zu arbeiten. Liess man mittelst der erwähnten Hebe- und Senkvorrichtung das Säure enthaltende Gefäß wieder herunter, so floss die Lösung von selbst wieder aus den Batteriezellen in das Sammelgefäß ab und sofort hörte die Batterie zu funktionieren auf. Durch eine Schaltvorrichtung konnten nach Belieben 6, 12, 18 oder 24 Elemente in Thätigkeit gesetzt werden, um vier verschiedene Geschwindigkeiten der Flügelschraube zu erzielen, welche 60—80 Touren in der Minute zu machen im Stande war.

Bei Benutzung von 12 Elementen konnten die Luftschiffer noch nicht den Wind besiegen, was ihnen jedoch bei Einschaltung von 24 Elementen gelang.

14 zu p. 27. Der elektrische Motor von Renard wurde von ihm selbst in »Revue de l'Aéronautique« 1890 eingehend beschrieben.

Die Elemente waren in Gruppen (je zwei Mal sechs Stück) von zusammen 12 Elementen und 10 kg Gewicht aneinandergereiht und gaben einen Effekt von ⅔ Stunden-Pferdestärken. Die Behälter hatten 40 mm, die Elektroden (Silberplatin) 32 mm, die Zinke 6,4 mm Durchmesser. Vier Elementgruppen, gleich 48 Einzelelemente, lieferten an der Schraubenwelle gemessen eine Pferdestärke. Es waren zehn solcher Gruppen mit einem Gewichte von 400 kg und einer Leistungsfähigkeit von 10 P.S. 16 P.S.) durch etwa 1 Stunde 36 Minuten vorhanden.

Renard baute noch ein anderes Gruppenelement, wo die einzelnen Elemente in zwei zentralen Kreisen zu stehen kamen und ca. 25 kg wogen.

bei einer Leistungsfähigkeit von einer Stundenpferdestärke. Es arbeitete etwa eine Stunde.

Endlich konstruierte er noch eine Gruppe von 36 Elementen von 20 mm Durchmesser, 5 kg wiegend und eine halbe Pferdestärke leistend. Die Funktionsdauer dieser Elemente betrug 20—25 Minuten. Das Gewicht dieser leichtesten Elementengruppe betrug nur 10 kg pro Pferdestärke und per Pferdestärkestunde 25—30 kg. Renard nennt diese Elemente ein wissenschaftliches Spielzeug (un jouet scientifique).

15) **zu p. 30. 5. Auffahrt** (25. August 1885). Insassen die beiden Brüder Renard, Ostwind, Fahrt gegen den Wind nicht möglich, Fahrtdauer 50 Minuten.

6. Auffahrt (22. September 1885). Renard beschreibt diese und die letzte Auffahrt folgendermaßen:

»Am 22. September wehte der Wind aus NNO, d. h. von Paris her und, da seine Geschwindigkeit in den unteren Luftschichten nur 3 bis 3,5 m betrug, entschlossen wir uns zur Fahrt. Diesmal waren wir zu Dreien: Hauptmann Paul Renard, dem die Messungen und verschiedene Beobachtungen zufielen, Duté-Poitevin, Zivilluftschiffer, angestellt an der Anstalt von Chalais, und ich, der ich mir die Handhabung des Steuers und des Bewegungsapparates vorbehalten hatte.

»Die Abfahrt fand um 4 Uhr 25 Minuten bei feuchtem und nebligem Wetter statt. Die Schraube wurde in Bewegung gesetzt und die Richtung auf Paris genommen. Wir machten zuerst einige Kurven (embardées = Gierschlag bei der Marine), aber es gelang mir bald, sie zu vermeiden. Der Ballon bewegte sich über dem Dorfe Meudon hin, überschritt die Eisenbahn beim Bahnhofe um 4 Uhr 55 Minuten und erreichte trotz des Windes die Seine um 5 Uhr beim Westende der Insel Billancourt.

»In diesem Augenblicke führten wir eine Messung der Geschwindigkeit aus und fanden sie genau gleich 6 m. Unterdessen näherte sich der Ballon bei der Fortsetzung seines Weges den Befestigungen von Paris.

»Um 5 Uhr 12 Minuten, nach 47 Minuten Fahrt, trat er in den Festungsgürtel von Paris bei Bastion 65 ein. Das nebelige Wetter trübte sich mehr und mehr. Der feuchte Niederschlag beschwerte den Ballon und zwang uns, große Mengen Ballast zu opfern. Unter diesen Umständen wäre es unklug gewesen, sich noch weiter zu entfernen, und der Rückweg wurde beschlossen.

»Die Wendung vollzog sich leicht. Unterstützt durch den Luftstrom, näherte sich diesmal der Aërostat seinem Abfahrtsort mit überraschender Schnelligkeit.

»Chalais bemerkten wir nicht, es war vollständig durch den Nebel verhüllt. Wir mussten als Zielpunkte nacheinander die Brücke von Billancourt und den Bahnhof von Meudon nehmen.

»Elf Minuten genügten, uns zum Landungsplatz zurückzuführen und uns einen Weg zurücklegen zu lassen, der uns auf dem Hinwege 47 Minuten Anstrengung gekostet hatte. Der Aërostat wendete, um die Spitze gegen



den Wind zu haben, und 10 Minuten später berührte seine Gondel den Rasen des Abfahrtsplatzes. Er hatte sich während dieser Fahrt nur bis zu einer Höhe von 400 m erhoben.«

7. Auffahrt. Am folgenden Tage machte der Ballon »La France« in Gegenwart des Kriegsministers, des Generals Campenon und des Vorsitzenden des Festungskomités, des Generals Brissonet, eine neue Auffahrt, die ebenso gut wie die des vorhergehenden Tages gelang.

Man wiederholte die Messungen der Geschwindigkeit, und die Ergebnisse beider Tage stimmten miteinander überein. Der Weg war ziemlich derselbe, wie am 22. September. Der Wind war schwächer und trieb uns auf Paris zu. Die Dauer der Fahrt betrug 17 Minuten hin und 20 Minuten zurück. Die Landung war sehr leicht und der Ballon kam genau auf seinen Ausgangspunkt zurück.

Die Reise konnte aus Mangel an Ballast nicht länger fortgesetzt werden, da der Ballon infolge der Fahrt vom Tage zuvor an Tragkraft verloren hatte.

16) zu p. 30. Frion teilte am 20. Oktober 1892 der französischen Gesellschaft für Luftschiffahrt mit, dass ein neues lenkbares Luftschiff »Le général Meusnier« von Renard seiner Vollendung entgegengehe. Es sollte 70 m lang sein, 3200 cbm Volumen besitzen und von einer Gasmaschine getrieben 11 m. p. s. Geschwindigkeit erreichen. Mehr ist über diesen Ballon nicht in die Öffentlichkeit gedrungen. — Ich fürchte, auch die genialen Erbauer des ersten praktisch verwertbaren Ballons hatten mehr mit finanziellen Schwierigkeiten zu kämpfen, als man allgemein annahm.

Erst die großen Experimente Zeppelin's scheinen in Frankreich den Anstoß zu neuen Versuchen gegeben zu haben und soll in Meudon von Renard gegenwärtig ein großer lenkbarer Ballon gebaut werden, auf dessen Leistung man mit Recht gespannt sein darf. Ich wünsche seinen Erbauern von ganzem Herzen vollen Erfolg, welchen sie gewiss durch rastloses Streben und jahrelanges epochales Wirken auf aëronautischem Gebiete voll und ganz verdienen.

17) zu p. 34. Es ist schade, dass über den Schwarz'schen Ballon so wenig Daten veröffentlicht wurden. Doppelt muss man es bedauern, bedenkt man, dass dieser Ballon, der Vorgänger des Zeppelin'schen, mehr als 200000 Mark verschlungen hat und doch der Wissenschaft so wenig Nutzen brachte! Bezüglich der auf p. 34 angeführten, verschieden lautenden Äusserungen zweier Berichterstatter wurde ich von befreundeter Seite aufmerksam gemacht, dass mangelnde Gasdichtheit bei der ersten Füllung thatsächlich vorhanden war, dass aber auf Grund dieser Erfahrungen der Ballon nochmals revidiert wurde und darauf der Ausspruch des zweiten Berichterstatters vollberechtigt erscheint.

18) zu p. 40. Dieses Laufgewicht hat vielfache Metamorphosen mitgemacht. Bei der ersten Auffahrt hing es etwa 16 m unter dem Ballon. Es bestand aus einem Stück in Zigarrenform gegossenen Blei, wog 100 kg

und war in ein Luftkissen eingebunden, so dass es auf dem Wasser schwimmen konnte. Mit Hilfe einer 100 kg schweren Stahltrosse konnte das Laufgewicht von seiner Mittelstellung aus 7 m nach vorwärts und 7 m nach rückwärts verschoben und diese Verschiebung jeweilig abgelesen werden.

Nach der ersten Auffahrt kassierte man die Stahltrosse, vermehrte das Gewicht des eigentlichen Laufgewichtes und ließ dieses direkt auf dem I Träger des Versteifungsgurtes laufen. Zu diesem Zwecke wurde ein etwa 3 m langer Rollwagen aus Aluminiumröhren gebaut, welcher mit zwei Räderpaaren unterhalb des I Trägers lief. An diesem Wagen war an einer trapezförmigen Aufhängung etwa 1,8 m unterhalb ein 150 kg schweres, zigarrenförmiges, aus Blei gegossenes, ca. 90 cm langes und 15 cm im Durchmesser haltendes Gewicht angebracht. Der Laufgewichtswagen wurde durch ein dünnes Drahtseil 30 m beiderseits der Achsmitte hin- und herbewegt. Das Drahtseil wurde durch automatisch ausweichende Führungsrollen unterstützt. Die Bewegung geschah von der vorderen Gondel aus und ging anstandslos und schnell vor sich.

Nachstehende Tabelle zeigt die Gewichte, Trägheits- und Widerstandsmomente der einzelnen und zu I Trägern zusammengesetzten Profile, welche nach dem Berichte des Direktors Kübler zum Baue des Zeppelinschen Ballons Verwendung gefunden haben.

Profil	⊥ 40/30/4	⊥ 40/30/3	⊥ 35/25/2,5	⊥ 35/25/2	L 20/20/3	L 20/20/2
Querschnitt in cm	2,64	2,01	1,44	1,16	1,11	0,76
Gewicht pro m/kg	0,792	0,603	0,432	0,350	0,333	0,228
Trägheitsmoment J cm⁴ . .	4,18	3,26	1,81	1,476	0,30	0,281
Widerstandsmoment W cm²	3,24	2,61	1,615	1,346	1,445	0,457
⊤ Trägheitsmoment	322,06	247,72	182,66	147,90	.	.
⊥ Widerstandsmoment . .	35,78	27,41	20,3	16,43	.	.

18a) zu p. 41. Nach Direktor Kübler's Bericht betrug die größte Geschwindigkeit des Zeppelin'schen Ballons nur 7,5 m p. s. Siehe darüber »Illustrierte aëronautische Mittheilungen«, Heft 1, Jahrgang 1902, p. 14. Der Aufsatz ist vom 12. April 1901 datiert.

19) zu p. 45. Hiermit danke ich der Redaktion der Zeitschrift des österreichischen Ingenieur- und Architekten-Vereines bestens für die freundliche Überlassung der Clichés.

20) zu p. 47. Während der Drucklegung dieses Werkes wurde die Ballonhalle bei Manzel auseinandergenommen und das kostbare Aluminiumgerüste des Zeppelin'schen Ballons verfiel demselben Schicksal. Das Zeppelin'sche Flugschiff wird also in der von mir beschriebenen Gestalt keine Auffahrt mehr machen — wohl aber, wenn sein Konstrukteur über neue Geldmittel verfügen wird, in verjüngter Form wieder erstehen. Es soll dann einen kürzeren Rumpf bekommen und mit bedeutend mehr motorischer Kraft ausgerüstet werden. Auch soll das Gerüste viel leichter gehalten werden und naturgemäß alle die Erfahrungen, die man beim Bau und bei den Aufstiegen des ersten Ballons gesammelt hat, verwertet werden.[132])

Ich könnte das nur lebhaft wünschen, sowie die Durchführung jedes mit Geist erdachten Projektes, weil die Luftschiffahrt nur durch Ausführung neuer Konstruktionen oder durch Verbesserung alter wirklich vorwärts schreiten kann. Je mehr praktisch gearbeitet wird, desto besser.

Wenn während der übrigen Fahrt diese Geschwindigkeit nur annähernd (7,5 m pro Sekunde) erreicht wurde, so liegt der Grund hauptsächlich darin, dass zwecks Verminderung der Schwankungen der Längsachse, hervorgerufen durch die Durchbiegung des Fahrzeuges oder Verschiebung des Laufgewichtes, sowie um über dem See zu bleiben, die Propeller öfters stoppen und längere Zeit rückwärts arbeiten mussten.

»Der häufige Druckrichtungswechsel, besonders der hinteren Propeller, machte die Erreichung höchster Fahrgeschwindigkeit in den kurzen Zeiträumen, während welcher alle Propeller vorwärts arbeiteten, unmöglich, während andererseits fortwährende Schwankungen infolge öfteren Übersteuerns über die beabsichtigte Richtung hinaus, sowie Schwankungen in der Vertikalebene auf und ab nicht unbedeutende Widerstände schafften und die Geschwindigkeit wesentlich beeinträchtigten«. (Kübler Ill. aër. M. p. 14 und 15.)

21) zu p. 48. »Das Zeppelin'sche Luftschiff als neuester Versuch zur Lenkbarmachung des Ballons« vom Chef-Ingenieur von Loessl. Zeitschrift des österreichischen Ingenieur- und Architekten-Vereines 1900 Nr. 5. von Loessl schreibt darin:

»Die mechanisch-mathematische Relation zwischen dem Arbeitsvermögen A und der Geschwindigkeit v lautet unumstößlich folgendermaßen:

Bei gleichbleibendem Flächeninhalte F und gleichbleibendem Werte $\frac{\gamma}{g}$ entsprechen den Werten von:

$v = 1 \quad 2 \quad 3 \quad 4 \quad 5 \ldots\ldots\ldots n$

die Arbeiten

$A = 1 \quad 2^3 \quad 3^3 \quad 4^3 \quad 5^3 \ldots\ldots\ldots n^3$

$= 1 \quad 8 \quad 27 \quad 64 \quad 125 \ldots\ldots\ldots n^3$

und umgekehrt entspricht den Antriebsarbeiten

$A = 1 \quad 2 \quad 3 \quad 4 \quad 5 \quad 8 \; . \; . \; . \; . \; . \; n$

die Reihe der Geschwindigkeiten

$v = 1 \quad \sqrt[3]{2} \quad \sqrt[3]{3} \quad \sqrt[3]{4} \quad \sqrt[3]{5} \quad \sqrt[3]{8} \; . \; . \; . \; . \; \sqrt[3]{n}$

$= 1 \quad 1{,}26 \quad 1{,}44 \quad 1{,}59 \quad 1{,}71 \quad 2{,}00 \; . \; . \; . \; . \; \sqrt[3]{n}$

Hiernach bewirkt eine Vergrößerung der Antriebsarbeit A nicht eine proportionale Steigerung der Geschwindigkeit v, sondern nur eine hinter dem einfachen Verhältnisse weit zurückbleibende Geschwindigkeitsmehrung. Obige Reihen bedeuten nichts anderes, als dass man um die doppelte Geschwindigkeit zu erhalten, die Antriebsarbeit verachtfachen muss.

22) zu p. 49. H. Hoernes: »Die Wellner'schen Versuche über den Luftwiderstand und mit dem Probesegelrad«, mit 3 lithographierten Tafeln, 26 Seiten. In dieser Abhandlung suchte ich auf Grund zahlenmäßiger Angaben nachzuweisen, dass wissenschaftlich durchgeführte Luftwiderstandsversuche nicht in der bewegten Atmosphäre angestellt werden dürfen, weil aus den total differierenden Ergebnissen einwurfsfreie Resultate nur mit Hilfe nicht zu rechtfertigender Willkürlichkeiten gefunden werden können, was das Studium der zahlreichen Versuche von Wellner und von Langley (Revue de l'Aéronautique 1891 p. 77—130) in nicht misszuverstehender Weise ergiebt. Gänzlich frei von diesen Fehlerquellen sind die ausgezeichneten Versuche von Loessl. (Siehe dessen Werk: »Die Luftwiderstandsgesetze, der Fall durch die Luft und der Vogelflug«, Wien 1896.)[133])

Auf meine Bemerkung p. 48, dass ich bedauere, dass die Erprobung der Schrauben nicht eingehender betrieben wurde, verwies man mich darauf, dass Zeppelin zahlreiche Schrauben empirisch erprobt und die gewählte Form als beste befunden habe. »Kleinere zu wählen, war er infolge der Anbringung gezwungen.«[133a])

23) zu p. 49. Der gleichlautende Aufsatz ist auch erschienen in Aëronautics, Februar 1894. p. 62. Siehe auch: Scientific American 1888, Suppl. p. 10704. Diesen Quellen entnahm ich folgendes:

Rüstet man ein Schiff unter sonst gleichen Verhältnissen einmal mit einer Wasser-, das anderemal mit einer Luftschraube aus, so zeigten Versuche, dass beide den nämlichen Antrieb leisten, wenn:

1. der Durchmesser der Luftschraube ca. sechsmal so groß genommen wird, als der der Wasserschraube,
2. die Ganghöhe bei Luftschrauben auf $1/2$ bis $1/3$ reduziert wird, und
3. die Tourenzahl bei gleicher Maschinenkraft bei Luftschrauben geringer genommen wird.

Das beste Material zur Anfertigung eines Luftpropellers sei dünnes Stahlblech, nur sei die Gefahr des Warmlaufens vorhanden.[133b])

Eine mathematische Schraube sei minderwertig, dagegen sei eine solche, deren Flügel den Querschnitt, wie beim Albatrosflügel, eine leichte Krümmung zeigt, sehr wirkungsvoll.

Flächenmaß, Ganghöhe und Tourenzahl können direkt aus dem Modellexperiment nach folgenden Formeln ermittelt werden.

Wenn sich zwei Propeller mit den Geschwindigkeiten V und v bewegen, so giebt die Gleichung $\frac{V}{v} = \left(\frac{D}{d}\right)^{\frac{1}{2}}$, worin D und d ähnliche Lineardimensionen und V, v die Geschwindigkeiten ähnlicher Punkte in der Peripherie der Propeller sind.

Mit diesen Geschwindigkeitsbedingungen stehen die Antriebsarbeiten T und t der Propeller mit dem Flächenmaße F und f in der Relation:

$$\frac{T}{t} = \frac{FV}{fv} = \frac{D^3}{d^3}.$$

Aus $\frac{F}{f} = \frac{D^2}{d^2} = \left(\frac{T}{t}\right)^{\frac{2}{3}}$ resultiert die wichtige Gleichung:

$$1)\ \frac{F}{f} = \left(\frac{T}{t}\right)^{\frac{2}{3}}$$ und mit Hilfe von $\frac{D^3}{d^3} = \frac{T}{t}$ erhalten wir

$$\frac{D}{d} = \left(\frac{T}{t}\right)^{\frac{1}{3}},$$ so dass $\frac{V}{v} = \left(\frac{D}{d}\right)^{\frac{1}{2}}$ giebt;

und weiter:

$$2)\ \frac{V}{v} = \left(\frac{T}{t}\right)^{\frac{1}{6}}.$$

Die Antriebe variieren in den Verhältnissen der Maßinhalte und der Geschwindigkeitsquadrate, welche angenommen wurden.

In weiterer Folge ist:

$$F = f\left(\frac{T}{t}\right)^{\frac{2}{3}}$$

$$V = v\left(\frac{T}{t}\right)^{\frac{1}{6}}.$$

In nachstehender Tabelle sind die hauptsächlichsten Daten der Getriebe des Zeppelin'schen Ballons bei Annahme einer Motorleistung von 14,7 P.S. bei $n = 680$ zusammengestellt, wie sie von Direktor Kübler in den Illustrierten aëronautischen Mitteilungen Heft 1, 1902 mitgeteilt worden sind.

	Wendegetriebe		Konstruierte Räder an der Propellerwelle	
	Aluminium-rad	Rohhaut-rad	Aluminium-rad	Rohhaut-rad
Z	48	36	40	32
t	$9\,\pi$		$7\,\pi$	
b	6	6	6	6
n	680	910	910	1130
Übersetzung	1 : 1,333		1 : 1,25	
	1 :		1,66	
Zahndruck P	40,5		50,0	
$K = \frac{P}{bt}$	2,36		3,8	

»Bei Versuchen in der Montierungshalle, also bei festgelegtem Fahrzeug, machten die Propellerwellen 900 Umdrehungen pro Minute, entsprechend 559 Umdrehungen der Motorwelle. Verschiedene Bremsversuche ergaben dabei eine Motorleistung von $N = 11{,}5$ P.S., während an jeder Propellerwelle $N = 4{,}1$ P.S. abgebremst wurden. Der Nutzeffekt der ganzen Kraftübertragung durch Wechselgetriebe, Kreuzgelenke, schiefliegende Wellen und konische Räder wäre also

$$\eta = \frac{2 \times 4{,}1}{11{,}5} 100 = 71{,}3\,\%.$$

Dieser Wert könnte wohl durch sorgfältige Lagerung der Wellen (Kugellagerung) noch etwas erhöht werden.

Die Propellerwelle aus Stahlrohr 41,5/38 ist in Sellerslagern (Schalen aus Aluminium mit Weißmetall) gelagert.

Der Horizontalschub wird durch Kugellager aufgenommen. Die Gehäuse der Sellerslager sind durch ein System von Aluminiumröhren 50/46 gegen das Gerippe abgestützt und in ihrer richtigen Lage gehalten.

Der Durchmesser des Kreises durch die Flächenschwerpunkte der Flügel beträgt 0,75 m, das Gewicht des fertigen Propellers 15 kg.

Bei 900 Umdrehungen pro Minute beträgt die mittlere Umfangsgeschwindigkeit $v = 35$ m, die am Umfang $v = 54$ m. Für solche hohe Geschwindigkeiten erwiesen sich die Flügel vollkommen stark genug. Der mittlere Steigungswinkel ist $\alpha = 18{,}5^0$ und damit die mittlere Steigung pro Umdrehung $= 0{,}81$ m, bei 900 Umdrehungen in der Minute 12,15 m.

Die Fläche eines Flügels beträgt 0,129 qm, somit die eines Propellers $F = 4 \times 0{,}129 = 0{,}516$ qm; die Schraubenkreisfläche

$$F = 1{,}039 \text{ qm und damit } \frac{F}{F_1} = \frac{1}{2}.$$

Aus dem Diagramm ergiebt sich für $n = 900$, wie bei ruhendem Fahrzeug in der Halle beobachtet, ein Druck von 25 kg pro Propeller bei einem Kraftbedarf von $N = 4{,}1$ P.S.«

Der Slip wurde mit 38,3 % errechnet.

Nimmt man an, dass an jedem Propeller 4,1 P.S. zur Verfügung standen (bei $n = 900$), so hätten die Motoren $4 \times 4{,}1 \times 75 = 1224$ mkg geleistet. Der Motorleistung entspräche bei $v = 7{,}5$ m ein vorhandener Stirnwiderstand von $R = \frac{1224}{7{,}5} = 165$ kg, d. h. ein Propeller hätte $\frac{R}{4} = 41$ kg Druck, d. i. 64 % mehr Druck als beim still liegenden Boote geleistet.

24) zu p. 50. Siehe die Bemerkung zu Ende des Punkt 12, Kapitel 7.

25) zu p. 50. Jedem statischen Ballon entspricht eine der Hubkraft seines Gases genau angemessene Gleichgewichtslage. Sie kann nur durch eine Gewichtsdifferenz (Zu- oder Abnahme) des Aërostaten oder der Luftmasse gestört werden.[133c)]

Jede Wolke kann das statische Gleichgewicht eines Ballons stören. Das Gleiche bewirkt aber auch eine wechselnde Dichte der Luft, wie sie ja im Luftozean so häufig angetroffen wird (hervorgerufen durch ungleichmäßige Wärmeausstrahlung der Erdoberflächenbedeckung, z. B. von Wiesen und Sandboden etc.) oder durch vermehrten Wassergehalt (Wälder, Seen etc.).

Im allgemeinen aber steigt der Ballon reell nur, wenn er leichter wird als die Luftmasse, in welcher er schwimmt, also Ballast geopfert wird; fährt er schief nach aufwärts, so kann dies auf dynamische Weise durch Schiefstellung der Achse und Schraubenantrieb geschehen. Hört dies jedoch auf, so befindet sich der Ballon in einer Höhe, welche nicht mehr seinem Volumen, also seiner Tragkraft entspricht, er muss daher aus dieser Höhe, sobald die motorische Aufwärtsbewegung aufhört, herabfallen und erhält eine schädliche Beschleunigung nach abwärts, die ihn nun wieder tiefer fallen lässt, als es seinem Auftriebsvermögen zukommt. Dies ist ein unnatürlicher, also schädlicher Zustand und sollte daher vermieden werden.

Ein Aufwärtssteigen durch Schiefstellen der Achse ist also schädlich, weil es nur einen vorübergehenden Erfolg aufweist, der sich aber später durch Einbuße der Hubkraft rächen muss.

Anders würde es sich verhalten, wenn man etwa durch Schrauben sich ein permanentes Plus an Hubkraft sichern würde. Dazu wäre aber naturgemäß eine dauernde Leistung von Arbeit nötig.

26) zu p. 51. Zeppelin könnte mit demselben Motorgewichte von damals heute mit einem ähnlich dimensionierten Ballon gut 70 Pferdestärken

hochnehmen und damit eine Geschwindigkeit von ca. 11 m pro Sekunde erzielen, vorausgesetzt, dass auch die Schrauben richtig dimensioniert würden. Gewiss ein berechtigter Grund, neue Versuche zu unternehmen.

Die Figur 74 giebt ein stimmungsvolles Bild: den Ballon Zeppelin auf dem Bodensee nachts nach vollzogener Fahrt auf dem Wasser heimwärtsziehend. Auf dem Flosse sieht man einen Teil der Leute stehen, welche beim Bergen des Ballons mithelfen. Vorne ist ein kleiner Propeller, welcher den Koloss nach seiner Halle befördert.



Fig. 74. Zeppelin's Ballon, nach vollzogener Landung auf der Heimfahrt am Flosse vom Dampfer geschleppt.

27) zu p. 53. Von den Aufstiegen dieses außerordentlich kühnen Luftschiffers seien einige hier erwähnt.

Am 12. Juli 1901 stieg Santos Dumont mit dem Ballon Nr. 4 von dem bei Saint-Cloud gelegenen Luftschiffpark gegen vier Uhr morgens auf und unternahm eine fünfmalige Rundfahrt oberhalb des Rennplatzes Longchamps und des Bois de Boulogne. Das Luftschiff kehrte dann zum Aufstiegsorte zurück. Santos Dumont steuerte hierauf sein Vehikel gegen den Eiffelturm. In der Nähe desselben riss aber eines der Tragseile, so dass der Aëronaut gezwungen war, an die Landung zu schreiten; dieselbe erfolgte beim Trocadéro. Nachdem der Schaden ausgebessert war, erhob sich Santos Dumont zum zweiten Male bis zur letzten Etage des Eiffelturmes und segelte um denselben herum, worauf er zum Aufstiegsorte in Saint-Cloud zurückkehrte. Nach Aimé hat Dumont an diesem Tage 45 km mit seinem Ballon in der Luft zurückgelegt und einmal an einem mitgenommenen Aneroid eine Geschwindigkeit von 40 km (?) abgelesen.

Am folgenden Tage wollte er um den Deutschpreis fahren, der Wind war jedoch zu heftig; es wehte eine frische Brise aus Südwest. Trotzdem fuhr das Luftschiff um 6 Uhr 41 Minuten vormittags ab, beschrieb aufsteigend eine Kurve und nahm dann, verfolgt von zahlreichen Radfahrern, die Richtung geradeaus nach dem Eiffelturm, dabei in einer Höhe von etwa 200 m schwebend. Es umflog den Turm und lenkte nun gegen den Wind auf den Park von Saint-Cloud zu. In der 30. Minute befand



es sich über dem Aquéduc des eaux de l'Acre. Nach 40 Minuten, d. i. um 7 Uhr 21 Minuten, war es über dem im Bau begriffenen Schuppen von Deutsch auf dem Luftschifferplatz des Aéroclubs. Bei dem beschränkten Raum daselbst war die Landung nicht leicht durchführbar. Auch schien am Motor eine Störung vorgefallen zu sein, denn es arbeiteten schließlich nur noch zwei Zylinder der Maschine. So wurde dann nach einem vergeblichen weiteren Kampf gegen den Wind der Ballon nach Longchamps und dem Bois de Boulogne abgetrieben. Santos Dumont begriff sofort die Gefahr, welche eine solche Treibfahrt bei weiterer Fortsetzung über die Häuser von Paris im Gefolge haben könnte. Er zerriss den Ballon, als er in niedriger Höhe über den Park des Barons von Rothschild forttrieb und landete hier auf einem großen Maronenbaum. War auch der Preis des Aéroclubs nicht gewonnen, weil der Luftschiffer 40 Minuten zur Rundfahrt gebraucht hatte und die Landung auf dem Platze selbst nicht vollziehen konnte, so war der Effekt dieses ersten offiziellen Versuches doch ein außergewöhnlicher.

Der am 4. August unternommene Aufstieg endigte mit einer Katastrophe. Der Aufstieg erfolgte bei vollkommener Windstille. Das Luftschiff nahm seinen Kurs in der Richtung zum Eiffelturm, umkreiste zweimal den Turm und fuhr dann in einer Höhe von ungefähr 350 bis 400 m wieder nach Saint-Cloud zurück. Als das Luftschiff das Bois über La Muette passierte, bemerkte man plötzlich, dass die Fluggeschwindigkeit rapid abnahm; gleichzeitig senkte sich der Ballon sehr rasch, bis schließlich das Sinken sich als ein förmlicher Niedersturz repräsentierte. Der Ballon fiel auf ein sechs Stock hohes Haus, das Grand Hôtel du Trocadéro auf dem Quai du Passy und wurde vollständig zerrissen. Das Traggerüste blieb an einer Mauer hängen, und erst nach einer halben Stunde gelang es der Feuerwehr, den tollkühnen Aëronauten aus seiner höchst unbehaglichen Situation zu befreien.

Santos Dumont hat mit seinem neuen Ballonluftschiffe, das schon seit mehreren Tagen fahrtbereit stand, am 6. September die erste Fahrt gewagt; derselbe endete wieder mit einer Havarie. Der Aufstieg ging glatt vor sich. Von Saint-Cloud aus steuerte Santos Dumont sein Vehikel gegen den Rennplatz von Longchamps, kreuzte mehrmals über demselben und landete wenige Minuten später am Eingange des Cascaden-Restaurants des Bois de Boulogne. Nach kurzer Zeit stieg Santos Dumont neuerdings auf und wollte nach Saint-Cloud zurückfahren. Der Ballon soll anfangs auch faktisch gegen den freilich kaum merkbaren Wind geflogen sein. Im Rothschildparke blieb aber die tief herabhängende Schleifleine in den Zweigen desselben Maronenbaumes, dessen Bekanntschaft sie schon bei einer früheren Fahrt gemacht hatte, hängen. Da es nicht gelang, die Leine wieder loszumachen, entleerte Santos Dumont den Ballon und stieg auf den Baum, wobei die Gondel einige unbedeutende Havarien erlitt.

Am 10. Oktober unternahm Santos Dumont einen Aufstieg mit seinem

rekonstruierten Ballonluftschiffe. Mehr als eine Stunde manövrierte Santos Dumont oberhalb des Rennplatzes von Longchamp nach allen Richtungen, wobei der Ballon dem Steuer mit großer Präzision gehorchte. Die Verbesserungen, welche Santos Dumont an dem Motor anbringen ließ, haben sich in jeder Hinsicht bewährt, der Motor funktionierte diesmal tadellos. Santos Dumont machte sich wieder den Spaß und lud seine Freunde für drei Uhr zum Thee im Cascadencafé; er langte auch faktisch fast in demselben Augenblicke am Rendezvousplatze an, wie seine Freunde mit ihren Automobilen. Dann bestieg Santos wieder den Korb seines Vehikels und fuhr nach Longchamps zurück; er setzte in einer Höhe von etwa 200 Metern über die Seine, flog ein wenig über den Park d'Aérostation hinaus, kehrte aber plötzlich um und lenkte sein Vehikel zum Aufstiegplatze zurück. Die Landung erfolgte ganz knapp neben der Ballonhalle.

Vielfach wird darauf hingewiesen, dass der Gewinn einer Fahrtgeschwindigkeit von 1 m gegen die Experimente von Renard-Krebs kaum ein Fortschritt zu nennen sei. Sehr richtig erwidert darauf die »Sportzeitung«, dass bei Beurteilung der Leistungen des Vehikels von Santos Dumont nicht einzig und allein die erreichte mittlere Eigengeschwindigkeit ins Auge gefasst werden, sondern man auch nicht vergessen darf, dass Santos Dumont an einem vorher angegebenen Tage eine ganz genau vorgeschriebene Bahn zurückgelegt hat, während bei der berühmten Fahrt der »La France« vom 9. August 1884 diese Forderung nicht gestellt war. Von diesem Gesichtspunkte aus betrachtet, bedeutet die letzte Fahrt um den Eiffelturm ganz zweifellos einen Fortschritt gegenüber den Fahrten der »La France«.

Der 100000 Francs-Preis von Henry Deutsch sollte bekanntlich dem Besitzer jenes Luftvehikels zufallen, das vom Parke des Aéro-Club oder einem gleich weit vom Eiffelturm entfernt liegenden Punkte aus aufsteigend, nach der Umkreisung der Turmspitze innerhalb 30 Minuten wieder am Aufstiegorte landete. Die zurückzulegende Strecke beträgt ungefähr 11 Kilometer; die mittlere Fahrgeschwindigkeit des Luftschiffes, das den Preis erringen soll, muss also wenigstens 22 Kilometer per Stunde oder 6,1 Meter pro Sekunde betragen. Diese Fahrt musste einen Tag vorher angemeldet werden.

Die Fahrt selbst, womit der »Deutsch-Preis« gewonnen wurde, verlief folgendermaßen:

Am 19. Oktober 1901 um 2 Uhr 42 Minuten fuhr der Ballon von St.-Cloud glatt ab. Dumont lenkte ihn, mit dem Winde fahrend, in fast gerader Linie gegen den Eiffelturm. Neun Minuten nach der Auffahrt d. i. 2 Uhr 51 Min. langte er in der Nähe des Eiffelturmes an, umkreiste ihn von Norden kommend und steuerte sodann wieder dem Ausgangspunkte zu. Er schwebte um 3 Uhr 10 Min. wieder über dem Park von St.-Cloud und landete um 3 Uhr 12 Min. $40^4/_5$ Sekunden, brauchte also zur ganzen Fahrt 30 Minuten $40^4/_5$ Sekunden. Die Fig. 75 giebt ein Bild der Trace dieser



Fahrt. Die Hinfahrt absolvierte Santos Dumont mit einer mittleren Geschwindigkeit von 10,5 Meter pro Sekunde; bei der Rückfahrt dagegen legte der Ballon infolge eines Gegenwindes von 5,5 Meter per Sekunde bloß 5 Meter per Sekunde zurück. Dies würde einer mittleren Geschwindigkeit von rund $7^1/_2$ m per Sekunde entsprechen.[131])

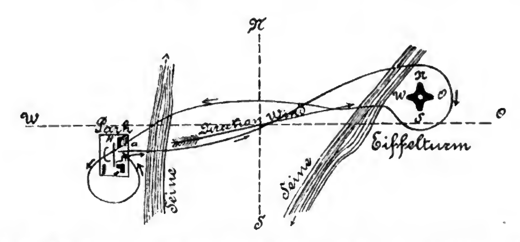


Fig. 75. Fahrtkurve des Ballons Santos Dumont, Type II, am 19. Oktober 1901.

Zu Ende des Jahres 1901 sehen wir Dumont mit dem Baue eines neuen, größeren Luftschiffes beschäftigt, mit welchem er im Jahre 1902 die Fahrt von Monaco nach Corsika unternehmen will. Dieser Santos Dumont Nr. VII erhielt folgende Dimensionen:[135])

Tragballon: Volumen 1257 cbm, Länge 49 m, größter Durchmesser 7 m, elliptisch geformt mit kegelförmigen Spitzen. Oberfläche 820 qm, Hülle aus doppelter französischer Seide erzeugt, Tragfähigkeit per qm 2400 kg.

Gewicht der kompletten Hülle 328 kg. Der Ballon ist in drei Abteilungen von je 419 cbm Inhalt geteilt. Die beiden Scheidewände aus ungefirnisster Seide haben einen Inhalt von 70 qm und ein Gewicht von 7 kg.

Der Tragballon des neuen Vehikels ist im Gegensatze zu allen früheren mit zwei Ballonets ausgerüstet; sie haben einen Inhalt von je 70 cbm, eine Oberfläche von 170 qm und wiegen zusammen 28 kg. Die beiden Ballonets sind symmetrisch in den beiden Enden des Ballons angebracht und können durch einen kräftigen Ventilator gefüllt, resp. entleert werden. Bei den früheren Apparaten hatte das Ballonet lediglich den Zweck, unabhängig von dem Füllungsgrade des Ballons die Oberfläche stets in gespanntem Zustande zu erhalten. Bei dem neuen Ballon soll durch die beiden Ballonets auch gleichzeitig die Steuerung des Luftschiffes in vertikaler Richtung erreicht werden.

Für jeden Kubikmeter Luft, den man z. B. in das am hinteren Ende des Ballons angebrachte Ballonet pumpt, wird die rückwärtige Hälfte des Tragballons und somit des ganzen Luftschiffes um rund ein Kilogramm schwerer als der vordere Teil, weshalb infolge dessen eine Drehung der Ballonspitze nach oben eintritt.[136])

Das Totalgewicht der Hülle des Tragballons samt den beiden Ballonets beträgt 363 kg. Der armierte Träger, auf dem die beiden Motoren und die Gondel montiert sind, hat eine Länge von 30 m. Zwei zweiflügelige Luftschrauben von $d = 5$ m treiben den Ballon nach vorwärts. Zwei Bouchetmotoren von je 40 effektiven Pferdestärken wiegen 220 kg. Die beiden Propellerschrauben besitzen entgegengesetzten Drehungssinn und sind am vorderen und hinteren Ende des armierten Trägers nahe den Motoren angebracht. Der Auftrieb soll 200 kg betragen, der Ballast wird in der Form von Wasser und Benzin mitgenommen werden. Die beiden Motoren konsumieren pro Stunde ungefähr 30 kg.[137])

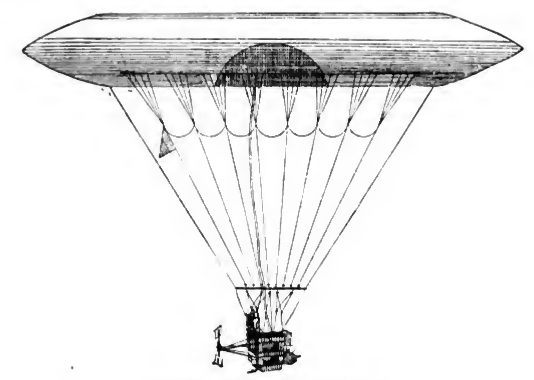


Fig. 76. Santos Dumont, Type I.

28) zu p. 58. Die Figur 76 giebt ein Bild des Santos Dumont Nr. 1. Es ist interessant, die beiden Figuren 76 und 77 mit einander zu vergleichen und dabei die Fortschritte bei Type VI gegen Type I zu verfolgen.

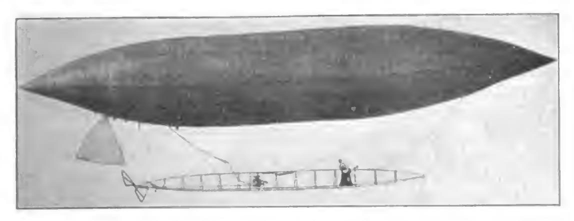


Fig. 77. Ballon von Santos Dumont, Type VI, mit welchem der Deutsch-Preis gewonnen wurde.



Hätte Dumont die Geschichte »lenkbarer Ballons« besser studiert, so würde er sich viel Geld erspart haben. Der Ballon Type VI ist wohl besser gefahren als »La France«, aber ich kann mich der Ansicht nicht verschließen, dass er keinen nennenswerten Fortschritt auf dem Gebiete des Ballonbaues repräsentiert und dass der viele Lärm, den eine rührige Reklame für ihn gemacht hat, bis jetzt nicht gerechtfertigt war.[137a)]

Trotzdem versage ich Dumont meine Anerkennung nicht als kühnem, verwegenem Luftschiffer und thatkräftigem Mann, der mit der Zeit durch Vertiefung seiner Studien und Beharrlichkeit auch noch schöne Erfolge erringen kann.

Moedebeck sagt sehr richtig: »Santos Dumont's Luftschiff Type VI ist nichts weiter als eine geschickte Kombination zahlreicher aëronautischer Erfahrungen, selbstredend mit eignen Zuthaten seines Erbauers«. Von Type VII an wandelt Dumont eigene Wege; hoffen wir, dass ihn das Glück auch ferner begleite.[137b)]

29) zu p. 58. Über die Konstruktion des Ballonluftschiffes »La Ville de Paris« von Henry Deutsch und Tatin werden folgende Details bekannt. Die Hülle des Tragballons, der nach neueren Angaben einen Inhalt von 2100 Kubikmeter besitzt, ist aus chinesischer Seide hergestellt. Der Ballon hat eine Oberfläche von mehr als tausend Quadratmeter und wiegt circa 400 Kilogramm. Der größte Durchmesser beträgt 8 Meter, die gesamte Länge 60 Meter. Der armierte Träger, auf dem der Motor und die Gondel montiert sind, hängt vermittelst 40 zwei Millimeter starken Stahldrähten an dem Tragballon; er hat eine Länge von 30 Meter und wiegt 200 Kilogramm.

Die Außenseiten des armierten Trägers sind vollständig mit einem glatten Stoff straff überspannt, um den Stirnwiderstand auf ein Minimum zu reduzieren. Die Gondel besitzt ein 12 Meter langes Schienengleis, auf dem ein kleiner Rollwagen mittelst einer Winde hin her geschoben werden kann; dieser Wagen trägt 250 Kilogramm Ballast und dient zur Herstellung der horizontalen Stabilität, resp. willkürlichen Änderung der Neigung der Ballonachse. Mit Wasserstoffgasfüllung besitzt der Tragballon des Luftschiffes von Deutsch einen Auftrieb von rund 2300 Kilogramm.

Die Propellerschraube hat einen Durchmesser von sieben Meter und wiegt 100 Kilogramm, sie soll 180 Touren per Minute machen. Die Antriebskraft wird von einem vierzylindrigen Morsmotor geliefert; derselbe gab bei einem Versuche 53 effektive Pferdekräfte und wiegt komplet samt Schwungrad, Montage und elektrischer Zündung bloß 350 Kilogramm, also per Pferdestärke nur 6,9 Kilogramm. Dieser Ballon war schon in der Automobilausstellung in Paris ausgestellt. Wenn die Daten hier richtig sind, so könnte er mit einer sekundlichen Geschwindigkeit von 12 bis 13 m manövrieren.[138)]

Auch Renard soll an einem neuen lenkbaren Ballon arbeiten, es sind über diesen aber naturgemäß keine Daten zu erlangen.

Großes Interesse erweckte die Nachricht, dass im Jahre 1902 in Paris die erste Wettfahrt lenkbarer Ballons veranstaltet werden soll.

Das Komité des Pariser Aéro-Club hat den von ihrem Präsidenten Marquis de Dion gestellten Antrag, im Jahre 1902 eine Wettfahrt von Motorluftschiffen auf der ca. 50 km langen Strecke Paris-Melan und zurück zu veranstalten, mit Stimmeneinhelligkeit angenommen. Die Wettfahrt soll international sein und im Spätsommer 1902 abgehalten werden. Henry Deutsch und Robert Lebaudy, Vicepräsident des Aéro-Club, haben je 25000 Francs an Preisen gezeichnet. Léonce Girardot, der bekannte Automobilist, hat als erster schon seine Teilnahme angemeldet (nach dem Velo), ferner Santos Dumont, Deutsch und Tatin, Smitter, Severo, De Dion-Surcouf, De Bradsky (ein Österreicher) Debayeux, Simoni, Firmian-Bousson und Rozé.[139])

Die englische »Motor Power Company« von C. G. Spencer and Sons hat, wie die Pariser Ausgabe des »New York Herald« vom 2. Dezember berichtet, offenbar veranlasst durch die kühnen Versuche und Erfolge von Santos Dumont, den fabrikmäßigen Bau von automobilen Ballonluftschiffen aufgenommen. In Amerika soll Weißkopf, in Augsburg Riediger die Bestellungen übernehmen.[140])

Die zum Verkauf bestimmten Ballonluftschiffe werden im allgemeinen nach der Type gebaut, die Santos Dumont bei seiner letzten Fahrt um den Eiffelturm benützte. Der Tragballon des Vehikels hat eine Länge von 23 m, einen größten Durchmesser von 7,6 m und einen Inhalt von 608 cbm. Die Gondel ist etwa 16 m lang; sie hat die Form eines gitterartigen Trägers und wird der Leichtigkeit halber aus Aluminium oder Magnalium gefertigt.

Die Antriebkraft für die Propellerschraube wird von einem vierzylindrigen Napier-Benzinmotor mit elektrischer Zündung und Wasserkühlung und einer effektiven Leistung von 14 Pferdestärken geliefert. Die Verbindung des Motors mit der Propellerwelle erfolgt durch eine Reibungskuppelung, wie dies auch bei vielen Automobiltypen der Fall ist. Die Steuerung soll entweder durch ein Steuerruder oder durch Verstellung des Propellers erreicht werden.

Der Auftrieb des Luftschiffes beträgt etwa 630 kg, welchen Mr. S. F. Edge, einer der Direktoren der »Motor Power Company«, in folgender Weise verteilt: Gewicht des Motors und Getriebes 225 kg, Rahmengestell etwa 135 kg, Ballast (Benzin, Wasserbehälter etc.) 100 kg, Hülle und Netz des Tragballons 80 kg, Sandballast 90 kg.

29[a]) zu p. 59. Wind ist bewegte Luft, hervorgerufen durch Druckunterschiede in der Atmosphäre, welche wieder durch ungleiche Erwärmung der Luft bedingt wird.

Der Wind weht aus den Gegenden höheren nach denjenigen tieferen Druckes, jedoch nicht in der zu den Isobaren senkrechten (kürzesten) Bahn, sondern infolge der Erddrehung von dieser Bahn auf

der nördlichen Erdhälfte nach rechts, auf der südlichen nach links abgelenkt. Der Wind hat, wie oben erwähnt, auf der nördlichen Erdhälfte den höheren Druck, rechts und etwas rückwärts, den niedrigen, links und etwas vorne, auf der südlichen Erdhälfte umgekehrt.

30) zu p. 60. Aus der Beschreibung dieser sehr interessanten Luftfahrt sei nachfolgendes hier mitgeteilt:

»Wir sahen nach einen Landungsplatz und beschlossen einen solchen jenseits des Köthen-See zu benutzen.

Währenddem zog aber mit ungemeiner Schnelle eine mächtige schwarze Wolke auf uns zu und ehe 10 Sekunden vergingen, umgab sie den Ballon, alles mit einer eigenen milchweißen Färbung umhüllend. Die Erde war verschwunden und der Ballon nur in unklaren Umrissen zu sehen.

Das Aneroïd zeigte, dass wir stiegen, ausgeworfene Papierschnitzeln bekundeten durch ihr besonders rapides Fallen, dass unser Auftrieb ein sehr starker sein müsse.

Der Anker, den wir schon $^1/_4$ Stunde nach der Abfahrt langsam klar gemacht hatten, bewirkte im Verein mit der nach oben hin zunehmenden Luftströmung, dass der Ballon pendelte; dasselbe wurde im Verlauf der Zeit ein so starkes, dass wir uns an den Haltestricken mit beiden Händen festhalten mussten, um nicht herausgeschleudert zu werden. Auch die Temperatur fiel rapid — bis auf 8° unter Null. Wir litten, nur leicht bekleidet, empfindlich an Kälte. Am Tauwerk und an den Bärten setzten sich starke Eisnadeln an (die Auffahrt fand im September statt).

Der Ballon stieg beängstigend von der Luftströmung getrieben nach oben.«[141])

Die Ursache dieser großen Schwankungen kann in einem Wolkenwirbel oder in Luftwogen gesucht werden. Solche Wolkenwirbel sind bei Ballonfahrten schon wiederholt beobachtet worden, sie sind indessen nicht häufig und treten mehr im Sommer auf.

Helmholtz hat gezeigt, dass wenn eine obere, wärmere also leichtere Luftschicht über eine untere, kältere also schwerere Luftschicht hinwegstreicht, dieselben Bedingungen gegeben sind, wie wenn der Wind über eine horizontale Wasserfläche bläst. Wie die Wasseroberfläche zur Wellenbildung veranlasst wird, so bilden sich Wellen derselben Art an der Oberfläche der unteren schweren Luftschicht, Wellen die senkrecht stehen auf der Richtung des Windes und in regelmäßigen Abständen aufeinanderfolgend in der Richtung desselben fortschreiten. Diese Luftwogen können ganz außerordentliche Dimensionen annehmen. Da wir bei den am Erdboden vorkommenden mäßigen Windstärken oft genug (Wasser-) Wellen von einem Meter Länge haben, so würden dieselben Winde, in Luftschichten von 10° Temperaturdifferenz übersetzt, 2—5 km Länge erhalten. Größere Meereswellen von 5—10 m würden Luftwellen von 15—30 km entsprechen können, die schon das ganze Firmament des Beschauers bedecken und den Erdboden in einer Tiefe, die kleiner als die Wellenlänge ist, unter

sich haben würden, also den Wellen in seichtem Wasser zu vergleichen wären, die das Wasser am Grunde schon erheblich in Bewegung setzen. Dass dergleichen Wellensysteme an den Grenzflächen verschieden schwerer Luftschichten außerordentlich häufig vorkommen, erscheint mir nicht zweifelhaft, wenn sie uns auch in den meisten Fällen unsichtbar bleiben. Wir sehen sie offenbar nur dann, wenn die untere Schicht soweit mit Wasserdampf gesättigt ist, dass die Wellenberge, in denen der Druck geringer ist, Nebel zu bilden anfangen. Dann erscheinen streifige, parallele Wolkenzüge in sehr verschiedener Breite, sich zuweilen über breite Himmelsflächen in regelmäßiger Wiederholung erstreckend. Weiter sagt er: Die von mir angestellten Rechnungen zeigen ferner, dass bei den beobachteten Windstärken sich im Luftkreise nicht nur kleine Wellen, sondern auch solche von mehreren Kilometern Wellenlänge ausbilden können, die, wenn sie in Höhen von einem oder mehreren Kilometern Höhe über dem Erdboden hinziehen, die unteren Luftschichten in Bewegung setzen und sogenanntes böiges Wetter hervorbringen müssen. Das Eigentümliche derselben sehe ich darin, dass Windstöße, oft von Regenschauern begleitet, nach ziemlich gleichen Zwischenzeiten und in ziemlich gleichen Verlauf mehrmals des Tages an demselben Orte wiederkehren.

Helmholtz giebt folgendes Zahlenbeispiel: Gegeben ein Luftstrom, der mit 10 m Geschwindigkeit pro Sekunde über einen 10° kälteren Luftstrom hinwegstreicht. Es sind dann Wellen möglich, deren Wellenlänge 550 m beträgt (»Über atmosphärische Bewegungen II« von Helmholtz in »Gesammelte Abhandlungen« III, p. 309). Eine hübsche praktische Bestätigung findet diese Theorie in den Beobachtungen einer Luftfahrt vom 7. November 1896 des Münchener Vereines für Luftschiffahrt. Siehe den Jahresbericht dieses Vereines von Dr. R. Emden.

30 [a]) zu p. 62. Siehe Meteorologische Zeitschrift, Jahrgang 1897, p. 321 bis 340 Hellmann: »Untersuchungen über die jährliche Periode der Windgeschwindigkeit«, ferner: Journ. Scotish Met. Soc. V. 348, dann: Repert. f. Meteorologie, Bd. XII, Nr. 3, 1889, endlich: Woeikof »Einige Resultate der fünfjährigen Beobachtungen auf dem Eiffelturme« (M. Z. 1897, p. 353), sowie Annales du Bureau Central Météorologique, Jahrgang 1894; Angot, »Resumé des Obs. Météorol. faites au Bureau Central et à la tour Eiffel 1890—1894«.

30 [b]) zu p. 63. Auszugsweise aus Met. Z. 1897, p. 326—330, wo die Windgeschwindigkeiten von 200 auf der ganzen Erde vertheilten Stationen sich vorfinden. Über Windgeschwindigkeiten im Russischen Reiche sind hier einige Daten, welche erkennen lassen, das dortselbst im Innern geringere Winde als bei uns zu herrschen scheinen.

In dem großen Werke von Coffin: »Winds of the globe« herausgegeben von der Smithsonian Institution, zu dem Woeikof den Text schrieb, finden sich sehr viele Angaben über Windgeschwindigkeiten. Auszugsweise wiedergegeben in Met. Z. XIV. Bd. 1879 p. 1—16. Woeikof: »Winde des Erdballes«.



Windgeschwindigkeit in Russland m per Sekunde.	Jahresperiode				Jahr
	W.	F.	S.	H.	
Weißes Meer	6,10	5,57	3,84	5,64	5,53
Ostsee	6,87	5,86	5,62	6,82	6,29
Nördl. Binnenseen[1]	5,37	4,74	4,16	5,25	4,89
Nördl.-centr., N.W.- und S.W.-Russland[2]	2,83	2,71	2,13	2,58	2,58
Schwarzes Meer I[3]	6,39	5,67	4,89	5,86	5,70
» » II[4]	4,07	3,60	2,96	3,71	3,51
Steppen	4,83	4,53	3,64	4,16	4,28
Kaspi nördl.	5,49	6,16	4,83	5,46	5,48
» südl.	4,57	4,65	4,99	4,38	4,52
Kaukasus nördl.	2,48	2,37	2,18	2,22	2,31
» südl.	2,39	2,81	2,75	2,08	2,51
Ural und Sibirien	3,55	3,77	2,98	3,51	3,46
Mittel-Asien[5]	2,95	2,95	2,37	2,35	2,67
Enisseisk	2,26	3,23	2,62	2,68	2,74
Transbaikalien[6]	0,98	2,20	1,41	1,25	1,46
Blagoweschtschensk	2,36	5,05	3,94	3,43	3,73
Chabarowka	3,08	4,12	2,78	4,14	3,53
Wladiwostok	6,07	6,35	5,85	5,87	6,04
Sachalin	3,40	3,90	3,15	3,88	3,59

31) zu p. 63. Es kann dies einerseits mit der geringen Höhe und Art und Weise der Anemometeraufstellung zusammenhängen, andererseits aber auch mit vielleicht thatsächlich an diesen Orten herrschenden geringeren Windgeschwindigkeiten erklärt werden (siehe p. 6 die Windgeschwindigkeit in Kiel auf p. 63, Sternwarte und Physik. Institut). Unsere Kenntnis der Änderung der Windgeschwindigkeit mit der geographischen Breite und Länge ist noch ziemlich gering.

32) zu p. 64 findet leicht seine Erklärung durch die, durch verschiedene Bestrahlung beeinflusste Größe der reflektierten Wärme.

33) zu p. 64. Siehe Meteorologische Zeitschrift Jahrgang 1897, Tafel V, wo die jährliche Periode der Windschwankungen und die Beobachtung an Bergstationen graphisch aufgetragen erscheinen.

1) Die Zahlen für die tägliche Periode beziehen sich auf N.W.- und N.-Central-Russland.

2) Die Zahlen für die tägliche Periode nur für S.W.-Russland.

3) N.- und N.W.-Küste.

4) Südküste der Krim und Ostküste des schwarzen Meeres.

5) Barnaul, Nukuss, Taschkent; Semipalastink und Petro-Alexandrowsk.

6) Irkutsk und Nertschinsk.

34) zu p. 65. Die Stärke des jeweilig herrschenden Windes wird bei Witterungsbeobachtungen nach der Beaufort-Skala auf Grund von Schätzungen angegeben.

Windstärke nach Beaufort-Skala	Bezeichnung	Gradient mm	Geschwindigkeit m. p. s.	Kennzeichen
0	Windstille	—	—	Vollkommene Windstille.
1	Leiser Zug	—	1,5	Der Rauch steigt fast gerade empor.
2	Leicht	1,19	3,7	Für das Gefühl eben bemerkbar.
3	Schwach	1,44	6,2	Bewegt einen leichten Wimpel, auch die Blätter der Bäume.
4	Mäßig	1,81	8,8	Streckt einen Wimpel, bewegt kleine Zweige der Bäume.
5	Frisch	2,61	11,8	Bewegt größere Zweige der Bäume, wird für das Gefühl schon unangenehm.
6	Stark	—	15,0	Wird an Häusern und anderen festen Gegenständen hörbar, bewegt große Zweige der Bäume.
7	Steif	—	18,8	Bewegt schwächere Baumstämme, wirft auf stehendem Wasser Wellen auf, welche oben überstürzen.
8	Stürmisch	—	24,0	Ganze Bäume werden bewegt, ein gegen den Wind schreitender Mensch wird merklich aufgehalten.
9	Sturm	—	32,8	Leichtere Gegenstände, wie Dachziegel u. s. w. werden aus ihrer Lage gebracht.
10	Voller Sturm	—	50,0	Bäume werden umgeworfen.
11	Schwerer Sturm	—	—	Zerstörende Wirkung schwerer Art.
12	Orkan	—	—	Verwüstende Wirkung.

Die Kennzeichen der einzelnen Windstärken sind der Instruktion für die Beobachter des königl. preußischen Meteorologischen Instituts entnommen.

35) zu p. 65. Es ist zu beachten, dass bei dem großen Wechsel der Windstärken in kleinen Zeitintervallen die mittlere Windstärke wohl als Windweg, aber viel weniger als Kraftmaß (mittlerer Winddruck) Bedeutung hat.

Es wäre sehr zu wünschen, wenn überall die Häufigkeit der Winde in Prozenten dargestellt würde, wie Schouw beantragt und Hugo Meyer in den Annalen der Hydrographie und Marit. Meteorologie 1890 befürwortet. Dies wäre für die Luftschiffahrt von ganz besonderem Nutzen. (S. M. Z. 1891, p. 11.) Ich habe speziell für Wien die Beobachtungen von 16 Jahren auf p. 192—202 in dieser Weise durchgeführt.

36) zu p. 67. Über die Namen der Winde siehe den interessanten gleichnamigen Aufsatz von Dr. Fr. Umlauft in Met. Zeitsch. 1894, p. 9 bis 16 mit reicher Quellenangabe.

Über die Einteilung der Winde siehe Davis, Classification of the Winds (American Met. Journal, Vol. IV, p. 512—519 und Met. Z. 1889, p. 32).

37) zu p. 67. Nach Kapt. Toynbee bei Laughton, Quart. Journ. I, p. 205. Siehe Annalen der Hydrographie, Bd. XXII, 1894, S. 313. Mit Skizze der Bahn des Ballons.

Sherman in American Journal of Science, Vol. XIX, p. 300. Met. Zeitschrift, XV, 1880, S. 446.

37a) zu p. 69. Es ist auch an anderen Orten eine große Seltenheit, dass stärkere Winde oder gar Stürme mehrere Stunden hindurch andauernd wehen. Siehe auch die Tabelle γ auf Seite 195 u. f.

38) zu p. 70. Häufigkeit der Winde von 0—6, 6—12 und mehr als 12 m p. s. zu Swinemünde 1878—1885 in Met. Zeitschr. 1886, p. 224 von Sprung; ferner

39) zu p. 70. H. Meyer: »Die Winde zu Keitum auf Sylt«, »Annalen der Hydrographie und Maritimen Meteorologie«, 1890, Heft II und III.

40) zu p. 71. Diese Windgeschwindigkeiten kommen mir sehr klein vor. Sie weisen auf sehr niedrige Anemometer-Aufstellungen hin.

41) zu p. 72. Aus diesen Beobachtungen ergab sich auch die Tatsache, dass die Kraft der Winde auf offenem Meere keinen deutlichen oder gleichmäßigen täglichen Schwankungen unterliegt.

Der Häufigkeit der Windstärken mit Bezug auf ihren Einfluss auf die Luftschiffahrt wird noch auf Seite 84 u. f. gedacht.

Rein meteorologische Beobachtungen über die Häufigkeit verschiedener Windstärken enthalten noch folgende beachtenswerte Aufsätze: [142])

H. E. Hamberg: »Sur la variation diurne de la force du vent« mit Tabellen über die Dauer der starken Winde und Windstillen von 7—12jähriger Dauer von 10 Städten. M. Z. 1884, p. 307. [142])

Atlas météorologique de France, Tome VIII, 1876; ferner Maandelijksche Windkarten van den Noord-Atlantischen Oceaan, Utrecht 1877 vom K. Nederlandsch Meteorologisch Institut.

Ragona, Andamento diurno e annuale della velocità del vento, Modena. Società tipographica 1878, über den täglichen und jährlichen Gang der Windgeschwindigkeit in Modena auf Grund 11jährigar Beobachtungen. auch M. Z. 1880, p. 66.

42) zu p. 72. Der barometrische Gradient ist der Unterschied des Luftdruckes zweier Orte, deren Verbindungslinie zu den Isobaren (d.

s. Linien, welche Orte gleichen Luftdruckes miteinander verbinden) senkrecht steht, und deren Abstand ein Äquatorgrad (d. s. 111 km beträgt.

Je größer der Gradient ist, um so näher liegen die Isobaren aneinander und um so stärker muss der Wind sein.

43) **zu p. 72.** Jeder auf der Erdoberfläche bewegte Körper, also auch dereinst der »lenkbare Luftballon«, wird durch die Rotation der Erde abgelenkt und zwar auf der nördlichen Erdhälfte nach rechts, auf der südlichen nach links. Der Betrag dieser Ablenkung ist am Äquator Null und nimmt mit wachsender geographischer Breite zu. Deshalb schließen auch die Windrichtung und die Richtung des Gradienten einen Winkel ein (den Ablenkungswinkel), welcher am Äquator gleich Null ist und mit wachsender geographischer Breite zunimmt. Auf dem Festlande beträgt dieser Ablenkungswinkel in unseren Breiten 50—60° und wächst mit abnehmender Reibung, weshalb er auf dem Meere größer ist, als auf dem Lande. Auf die Luft bezogen, gibt dies das Buys-Ballot'sche Gesetz, auch barisches Windgesetz genannt. Siehe auch Met. Zeitsch., XV. Bd., p. 1, Sprung: »Die Trägheitskurven auf rotierenden Oberflächen etc.«

44) **zu p. 73.** Jede der neueren besseren Windkarten zeigt folgende allgemeine Verhältnisse der Luftströmungen an der Erdoberfläche*).

In der Tropenzone wehen in runder Zahl von 30° nördlicher und 30° südlicher Breite an gegen den Äquator hin auf der nördlichen Halbkugel NE-Winde, auf der südlichen Halbkugel SE-Winde, die Passate, in der Nähe des Äquators getrennt durch eine schmale Zone schwacher veränderlicher Winde und Windstillen, den sogen. Kalmengürtel (oder Doldrum).

An den polaren Grenzen der Passate findet man dann zunächst schwache Winde und Windstillen, zwei außertropische Windstillengebiete, die Gürtel der sogen. Rossbreiten (zur See), jenseits derselben herrschen auf der nördlichen Hemisphäre SW- und WSW-Winde, auf der südlichen NW- und WNW-Winde, aber durchaus nicht von gleicher Beständigkeit der Richtung wie die Passate, sondern vielfach veränderlich nach Richtung und Stärke.

In der Tropenzone herrschen demnach Ostwinde gegen den Äquator hin gerichtet, jenseits 30° nördlicher und südlicher Breite aber Westwinde mit einer Komponente der Bewegung gegen den Pol hin gerichtet. Im inneren Zirkumpolargebiet ergaben die Beobachtungen wieder vielfach Winde, die vom Pol herkommen, die also einem dritten Windsystem auf jeder Halbkugel anzugehören scheinen, das aber beschränkt und wenig bestimmt auftritt.

---

*) Nach Hann. Lehrb. der Meterologie p. 450: Überblick über die an der Erdoberfläche vorherrschenden Windrichtungen nach den Beobachtungsergebnissen. Die größten Sammlungen der Ergebnisse der Windbeobachtungen in Bezug auf die Richtung der Winde sind: Coffin, Tables and Charts of the Winds of the Globe. Smiths. Contributions. Vol. XX. Washington 1876. Mit einer Diskussion der Ergebnisse von A. Woeikof. (In erster Auflage: Coffin, Winds of the Northern Hemisphere. New York 1853.)

Diese Windsysteme oder Windgürtel treten über den Ozeanen am bestimmtesten auf, unterliegen dagegen über den Kontinenten manchen Störungen.

Dies ist namentlich außerhalb der Tropen der Fall und besonders auf der nördlichen Halbkugel, wo die Kontinente die Winde in den entgegengesetzten Jahreszeiten verschieden beeinflussen und aus ihren Richtungen ablenken (Monsune). Die Kontinente schwächen auch wesentlich die Stärke der Luftbewegung durch die Reibung, welche die Winde über den Unebenheiten des Landes erleiden, und durch die Mischung der unteren, mehr ruhenden, mit den oberen, stärker bewegten Luftmassen. Dieser Vorgang tritt namentlich bei Tage ein.

Den oben kurz charakterisierten Windgürteln entsprechen auch Gürtel oder Zonen höheren und niedrigeren Luftdruckes an der Erdoberfläche. Dem äquatorialen windstillen Gürtel entspricht ein Gürtel niedrigen Luftdruckes, von welchem aus der Luftdruck beiderseits bis zu und noch über 30° Breite hinaus zunimmt. Von da ab vermindert sich der Luftdruck wieder und erreicht in runder Zahl unter 60° Breite einen kleinsten Wert, so dass sich wieder eine geringe Zunahme gegen die Pole hin bemerklich macht.

Im windstillen Gürtel am Äquator herrscht niedriger Luftdruck, während in den windstillen Gürteln an der Polargrenze der Passate hoher, ja sogar der höchste mittlere Luftdruck angetroffen wird. Ergänzend mag hinzugefügt werden, dass, während das windstille Gebiet am Äquator durch starke Bewölkung und große Regenmenge ausgezeichnet ist, die windstillen Gebiete an der Polargrenze der Passate sehr trocken sind und heiteren Himmel haben. Von da ab gegen die Pole hin nehmen Trübung und Niederschläge wieder zu.

In tabellarischer, schematischer Form lassen sich demnach die Windzonen und Luftdruckgürtel an der Erdoberfläche so darstellen:

Breite	60° N.		30°		10°		Äqu.		10°	30°	60° S.
Wind		WSW	|	NE		ENE |		ESE	SE	|	WNW
Luftdruck	758*)		762,5		758		758		759	763,5	743

Die Vertikalstriche deuten die Einschaltung windstiller Gebiete (»Mallungen«) an, es sind dies die Gürtel der »Rossbreiten« und des äquatorialen »Doldrums«.

45) **zu p. 75.** Siehe Woeikof: »Die Winde des Erdballs« (M. Z. 1879, p. 1—18), aus welchem sehr interessanten Aufsatz die Tabellen p. 75 und 76 entnommen sind. Die je monatlich größte Zahl der Windrichtungen ist fett gedruckt.

A. Buchan, Atmospheric Circulation. Challenger Report. Physics and Chemistry. Vol. II. Part. V. Table VII. pag. 114—191.

A. Supan. Statistik der unteren Luftströmungen. Leipzig 1881.

*) Unter 75—80° N. 760 mm.

45a) zu p. 79. In der cyklonalen Region weht der Wind auf der **nördlichen** Erdhälfte derart spiralförmig nach innen, dass der Wind dem in der Mitte befindlichen niederen Drucke (barometrisches Minimum) seine linke Seite zuwendet, also eine dem Uhrzeiger entgegengesetzte Drehung um die Mitte ausführt. Diese Drehung bezeichnet man als cyklonal und das barometrische Minimum wird daher auch Cyklone genannt.

Befindet sich das Maximum des Luftdruckes innen, so fliesst der Wind vermöge der Rechtsablenkung spiralig um das Maximum herum, wobei die Windbahnen jetzt ihre rechte Seite dem innen befindlichen hohen Drucke (barometrisches Maximum) zuwenden und dasselbe im Sinne des Zeigers einer Uhr umkreisen. Man nennt diese Drehungsrichtung anticyklonal und bezeichnet das barometrische Maximum als Anticyklone.

Auf der **südlichen** Erdhälfte wirkt die Erddrehung nach links ablenkend, darum ist die Drehungsrichtung des Windes in der Cyklone resp. in der Anticyklone umgekehrt, wie auf der nördlichen Halbkugel. Der Wind weht also auf der südlichen Erdhälfte um das barometrische Minimum im Uhrzeigersinne, um das Maximum entgegengesetzt dem Zeiger einer Uhr.

Im barometrischen Minimum herrscht stärkerer, im barometrischen Maximum schwächerer Wind. Stürme treten stets in der Nähe der Depressionszentren auf.

Die Richtung der oberen Winde führt aus dem Minimum heraus und in das Maximum hinein und ist außerdem gegen die unteren Winde nach rechts abgelenkt. Siehe Dr. R. Börnstein: »Leitfaden der Wetterkunde«, p. 118 u. f.

46) zu p. 80. Eine sehr instruktive Luftfahrt, wo das Abflauen des Windes schon in geringer Höhe konstatiert werden konnte, machte ich am 19. Mai 1890 von Wien nach Marein.

Diese Fahrt wurde von mir in der Wochenschrift des österreichischen Ingenieur- und Architekten-Vereines, Jahrgang 1892, beschrieben. In diesem Aufsatze und in einer Broschüre, betitelt: »Über Ballonbeobachtungen und deren graphische Darstellung mit besonderer Berücksichtigung meteorologischer Verhältnisse« mit 2 Tafeln, Wien 1892, zeigte ich an mehreren Graphikons, wie sich Freifahrten mit unlenkbaren Ballons für wissenschaftliche Zwecke verwerten lassen.

Besonders für die Ermittelung der Richtung und Geschwindigkeit des Windes lassen sich fast alle derartigen Fahrten leicht und ohne besondere Mühe ausnützen. Ein Umstand, auf den ich bei der Wichtigkeit des Gegenstandes nochmals besonders aufmerksam mache. Man lese darüber in der Broschüre die Seiten 23 bis 40 nach.

47) zu p. 84. Solche Drachenstationen sind derzeit auf dem Blue Hill in Nordamerika von dem verdienstvollen Meteorologen Rotch, in Paris von Tessereinc de Bord und von Assmann bei Berlin in Betrieb gesetzt. Rotch hat mit einem System von Drachen in einer Höhe von 4800 m mit

meteorologischen Instrumenten und auch auf dem Meere mit Drachen in 500 m Höhe Beobachtungen angestellt.[143])

48) **zu p. 85.** Zu dieser Widerstandsarbeit gesellen sich wohl noch solche, welche periodischen Schwankungen des Ballons ihr Entstehen verdanken. Sie können hervorgerufen werden durch Unstetigkeit der longitudinalen Stabilität oder durch sekundäre Bewegungen der Atmosphäre oder dadurch, dass sich der Ballon gerade zwischen zwei sich kreuzenden Luftschichten befindet.

Diese Beanspruchungen sind natürlich rechnerisch kaum zu ermitteln, wenigstens dermalen noch nicht. Es ist deshalb die auf obige Weise ermittelte Festigkeit der Ballonhülle noch durch Anwendung eines Sicherheitskoëfficienten zu verstärken.

49) **zu p. 87.** Ein Vergleich der Figuren 43 und 44 zeigt, in welcher Weise sich das Aktionsfeld bei zunehmender Windstärke zu Ungunsten der lenkbaren Ballons verschiebt.

50) **zu p. 88.** Es empfiehlt sich, auf größeren Karten diese Aktionsradien zu Studienzwecken aufzutragen.

51) **zu p. 89.** Ein lenkbarer Ballon wird zwar nicht leicht bis 3000 m hoch steigen, aber bei länger andauernden Fahrten wird die Ersteigung einer größeren Höhe doch oft ratsam werden.

Jedenfalls eröffnet das gewählte Beispiel einen recht klaren Einblick in die hier herrschenden Verhältnisse, und zeigt, welch genaue Kenntnis der atmosphärischen Strömungen von einem Luftschiffkapitän verlangt werden muss.

52) **zu p. 90.** Das Beispiel auf Seite 91 illustriert sehr deutlich den Wert eines lenkbaren Ballons von einer selbst beschränkten Eigengeschwindigkeit. Vorausgesetzt die Ballongeschwindigkeit betrage 10 m, die Windgeschwindigkeit 15 m und eine Ballonflotte von 20 Ballons zu je 1000 Mann Tragfähigkeit stände in Köln, so könnte diese Flotte den Weg nach der Westküste von England in etwa sechs Stunden zurücklegen, das heißt, in sechs Stunden dortselbst etwa 20000 Mann Elitetruppen landen. Bei entsprechender Ausnutzung des Windes — wir wissen ja, dass der Wind nie langandauernd so stark weht — könnte diese Flotte zurückfahren und bald neue Truppen bringen und so unter Umständen das Schicksal eines ganzen Reiches besiegeln.

Gewiss ist dies heute noch Zukunftsmusik — aber es bedarf nur eines energischen Willens, um mit den uns heute zur Verfügung stehenden Mitteln der Technik ähnliche Expeditionen, wenn nötig, ins Werk zu setzen.

53) **zu p. 92.** Siehe auch den Aufsatz von Renard in »Revue de l'Aéronautique«, 1888: »La navigation aérienne«, wo Renard sehr instruktiv einen Teil dieser Frage behandelt, p. 24—30.

54) **zu p. 93.** Dieses Beispiel gibt Moedebeck in der »Kriegstechnischen Zeitschrift« im Jahrgange 1900 bei Besprechung der möglichen Fahrtergebnisse von Zeppelin's Ballon.

55) zu p. 93. Vergleiche damit die Resultate der Windgeschwindigkeiten auf der Hohen Warte, welche in den Tabellen X und XI zusammengestellt sind.

56) zu p. 93. Man wird in dem Buche vielleicht Ausführlicheres über die Vorteile und über die Anwendung lenkbarer Ballons vermissen. Auch wird ihr Nutzen im Schlusswort nur kurz erwähnt. Es geschah dies mit Absicht. Gelingt es erst, diesem Kommunikationsmittel eine lebensfähige Schnelligkeit zu geben, so wird sich alles andere von selbst finden.

Nur auf einen Punkt sei außer der militärischen Verwendbarkeit noch hingewiesen: es ist dies der Umstand, dass höher gelegene Stationen, Hochtäler, Bergrücken, Aussichtspunkte etc. durch den lenkbaren Ballon mehr besiedelt werden dürften, als es bisher geschehen ist.

Vielleicht werden die Zeiten der alten Ritterburgen in veränderter, aber in mancher Beziehung verwandter Form wieder erstehen.

57) zu p. 94. Siehe darüber die Seiten 63 u. f., ferner p. 190—202.

58) zu p. 95. Diese Form des Rumpfes scheint mir für den Abfluss der Luft ganz entsprechend gebaut zu sein. Auch hat sie den Vorteil, ein größeres Volumen zu fassen.

58ª) zu p. 97. Diese Formel ist folgendermaßen entstanden:

1. Oberfläche der vorderen Halbkugel $2\pi R^2 = \frac{\pi}{2} d_v^2$
2. » » rückwärtigen » $2\pi r^2 = \frac{\pi}{2} d_r^2$
3. » des Rumpfstückes $\pi e (R + r) = \pi e \left(\frac{d_v}{2} + \frac{d_r}{2}\right)$,

daher die Gesamtoberfläche

$$O_v^d = \pi [2(R^2 + r^2) + e(R + r)]$$
$$= \frac{\pi}{2} [(d_v^2 + d_r^2) + e(d_v + d_r)].$$

58ᵇ) zu p. 97. Die Herleitung dieser Formel ist folgende:

1. Volumen der vorderen Halbkugel $\frac{2}{3}\pi R^3 = 0{,}2618\, d_v^3$
2. » » rückwärtigen » $\frac{2}{3}\pi r^3 = 0{,}2618\, d_r^3$
3. » des Rumpfes $\frac{\pi}{3} e (R^2 + Rr + r^2) = \frac{\pi}{3} e \left(\frac{d_v^2}{4} + \frac{d_v d_r}{4} + \frac{d_r^2}{4}\right)$
$= \frac{\pi}{12} e (d_v^2 + d_v d_r + d_r^2)$,

daher Gesamtvolumen:

$$V_v^d = \frac{\pi}{3} [2(R^3 + r^3) + e(R^2 + Rr + r^2)]$$
$$= \frac{\pi}{12} [(d_v^3 + d_r^3) + e(d_v^2 + d_v d_r + d_r^2)].$$

58[c]) zu p. 97. Um so mehr als bei wirklich ausgeführten Ballons der rückwärtige Teil des Schiffes nie mit einer Halbkugel endigen wird, sondern stets mit Körpern, welche größere Volumina enthalten, so dass diese abgekürzte Formel anstandslos gebraucht werden kann.

59) zu p. 99.

$$H_r = \frac{O}{V} \cdot h;$$

hierin bedeuten:

H_r = das relative Ballonhüllengewicht,
O = die Gasamtoberfläche des Ballons in Quadratmeter,
V = das Gesamtvolumen des Ballons in Kubikmeter,
h = das Gewicht eines Quadratmeters Ballonstoff samt dem darauf entfallenden aliquoten Teil des Netzes etc.
(Siehe die Tabellen 2a, 2b und 2c.)

59[a]) zu p. 99. Beim Ballon Renard-Krebs war das Ballontraggerüste aus sehr starken, madagaskaïschen Bambusstangen gebildet, welche mit Draht etc. verbunden waren.

Beim Ballon Santos Dumont bestand das Traggerüste aus einem System von Fichtenstäben und Stahldrahtseilen.

Beim Ballon Severo war das Ballontraggerüste aus Stahlröhren, Bambus und aus Aluminium gefertigt. Es ist das interessanteste Gebilde dieser Art. Der Querschnitt des ersteren war viereckig, der des letzteren dreieckig.

60) zu p. 100. Wenn man die Tabellen 3a und 3b mit einander vergleicht, so wird man bemerken, dass bei letzterer die angenommenen Einheitsgewichte ganz bedeutend stärker gewählt worden sind, als bei ersterer.

61) zu p. 100.

$$Q_r = \frac{em}{V};$$

hierin bedeuten:

Q_r = das relative Ballontraggerüstegewicht,
e = die Rumpflänge des Ballons,
V = das Gesamtvolumen in Kubikmeter,
m = das Gewicht von 1 Meter Traggerüste.
(Siehe die Annahme auf Tabelle 3a und 3b.)

62) zu p. 101.

$$N_r = \frac{N}{V} \cdot k;$$

hierin bedeuten:

N_r = das relative Ballonmotorengewicht,
V = das Gesamtvolumen in Kubikmeter,
k = das Gewicht einer x Stunden-Ballonpferdestärke.

Ich nahm diese Pferdestärke zu 30, resp. 20, resp. 10 kg an. Siehe p. 206.

63) zu p. 101. Daher auch eine Ein-, Zwei-, Drei- etc. Zehn- oder »Vierundzwanzig Stunden-Ballonpferdestärke«, je nachdem der Motor in einem Luftschiff durch 1, 2, 3 etc. 10 oder 24 Stunden in Betrieb steht, ohne dass das Luftschiff neues Motorspeisematerial (Petroleum, Benzin, Wasser etc.) von der Erde zu sich nimmt.

63a) zu p. 102.

$$G_r = \frac{G}{V} = [H_r + N_r + Q_r + R_r];$$

hierin bedeuten:

G_r = das relative Ballongesamtgewicht,
G = das Gesamtgewicht des Ballons,
V = das Gesamtvolumen des Ballons in Kubikmeter.

64) zu p. 106. Obere beiden Figurenreihen. Auf diesen 8 Graphikons sind die Kurven von »125« und von »150 Ballons« aufgetragen.

65) zu p. 107. Die Pferdestärken sind nach der Formel:

$$N = \xi \cdot \frac{\gamma}{g} \cdot F \cdot v^3 \frac{1}{75}$$

gerechnet, wobei

$$\xi = \frac{1}{6} \text{ und } \frac{\gamma}{g} \doteq \frac{1}{8{,}2}, \text{ also } \xi \cdot \frac{\gamma}{g} = \frac{1}{50}$$

angenommen wurde. Es gibt dies:

$$N = \frac{1}{50.75} \cdot Fv^3 = \frac{v^3}{3750} \cdot F_v,$$

wobei F_v = der größte Ballondurchmesser d. i. der vordere Durchmesser ist.

Vergleiche ferner p. 97 und 98 und p. 130—133.

66) zu p. 119. Siehe die Ausführungen auf p. 220 u. f.

66a) zu p. 119. Bei statischen Ballons und bei Verwendung von Wasserstoffgas etwa die 1,0 oder 1,1, bei Füllung mit Leuchtgas die 0,6 Ordinate.

67) zu p. 119. Mit der Erzeugung des Wasserstoffgases im Großen wird sich diese Ziffer bedeutend erniedrigen, ja man spricht heute schon davon, dass das Wasserstoffgas pro 1 cbm bald billiger zu stehen kommen dürfte, als 1 cbm Leuchtgas.

68) zu p. 120. Vielleicht soll ich hier noch einmal darauf hinweisen, dass die Zahlen der absoluten Hüllengewichte absichtlich sehr groß angenommen worden sind, um keine Fehlschlüsse zu tun; allerdings sind hierbei keine ganz starren Hüllen projektiert.

69) zu p. 120. Das absolute Gewicht des Ballontraggerüstes wurde nach der Formel: me berechnet, wobei m die aus der Tabelle 3a zu entnehmenden Werte in Kilogrammen besitzt und e die Rumpflänge in Meter bedeutet, d. h. ich bin auf Grund meiner durchgeführten Konstruktionen der Ansicht, dass man dieses Gerüste mit den in Rechnung gesetzten Größen tatsächlich bauen könne.



69[a]) zu p. 121.

$$N = \frac{\gamma}{g}\frac{F v^3}{75} = i_v F_d$$

$$N_r = \frac{N k}{V_e^d} = \frac{i_v F_d}{V_e^d},$$

wobei $k = 30$, 20 oder 10 kg angenommen, also für spezielle Fälle konstant ist. k ist das Gewicht einer x Stunden-Ballonpferdestärke.

$$x = N_{ev}^d - N_{ev}^d = \left(\frac{i_v F_d k}{V_e^d} - \frac{i_v F_d k}{V_e^d}\right)$$

$$x = N_{ev}^d - N_{ev}^d = k\left(\frac{i_v F_d}{V_e^d} - \frac{i_e F_d}{V_e^d}\right),$$

wobei für e, v und d jeweilig die entsprechenden Werte einzusetzen sind.

69[b]) zu p. 122. Diese Beobachtungsmethode zeigt uns, daß für große Geschwindigkeiten und große Durchmesser auch die Rumpflängen entsprechend (also über 80, selbst über 100 m) wachsen würden.

70) zu p. 122.

$$N_r = \frac{k \cdot \gamma \cdot F v^3}{g \cdot 75 \cdot V} = \frac{k \cdot \gamma \cdot \pi \cdot d^2 \cdot v^3}{g \cdot 75 \cdot 4 \cdot V} = C \frac{d^2}{V} v^3;$$

hierbei ist noch kein Wirkungsgrad der Maschine (η) angennommen.

71) zu p. 123. Dies erklärt sich aus der Entstehungsweise des relativen Ballontraggerüstegewichtes aus der Formel $Q_r = \frac{m e}{V}$. Wird e oder d größer, so wächst V und zwar im ersten Falle etwa nach der Gleichung einer Geraden, im zweiten Falle nach der einer kubischen Parabel.

72) zu p. 123. Siehe »150 Ballons«.

73) zu p. 124. Die zu erreichende Geschwindigkeit ist aber nur eine von den vielen Bedingungen, die ein lenkbarer Ballon besitzen soll. Zu berücksichtigen kommt auch der Zweck des Ballons, die Kosten, seine erforderliche Tragkraft und vieles andere. Es heißt also Kompromisse schließen.

74) zu p. 125. Siehe »150 Ballons«.

75) zu p. 126. Wie sehr ich mit dieser Behauptung im Rechte bin, zeigt die Tatsache, dass seit der Zeit, als die auf p. 126 stehenden Zeilen geschrieben wurden, bis heute, was einem Zwischenraum von etwa 2 Jahren entspricht, man das heutige relative Ballonmotorengewicht schon mit ca. 20 kg annehmen kann (d. h. $R_r = 20$).

76) zu p. 126. Die Geschichte der Ballons von Santos Dumont bestätigt diese Behauptung vollinhaltlich.

77) zu p. 127. Die vorstehenden, durch mehrere Jahre fortgesetzten Studien gingen Hand in Hand mit dem Entwurfe einer Anzahl von Projekten, deren sich eines auf das andere aufbaute und welche alle zur Orientierung in dieser Frage gezeichnet werden mussten. Vielleicht wird es mir später noch möglich sein, mehr als das eine oder andere interessante Detail daraus zu verwerten.

78) **zu p. 128.** Man kann die von mir gewählte Ballonform angreifen, man kann auch die in Rechnung gesetzten Zahlen einer Kritik unterziehen. Für die unparteiische Beurteilung der ganzen Studie ist dies indessen belanglos. Beim näheren Eingehen in die Tabellen wird man finden, dass sie mit entsprechenden Koefficienten versehen, für alle Ballons und für alle Verhältnisse anwendbar sind und, wie ich glaube, bleibenden Wert besitzen. Sie sind ein Maßstab, an dem wir den Wert jedes Ballons beurteilen können.[144])

Bei dem **sphäroidalen Abschlusskörper** wurden die Oberflächen und die Volumina nach folgenden Formeln berechnet:

$$O_r = 2{,}152\ r^2$$
$$V_r = 0{,}39565\ r^3.$$

Siehe p. 161 und p. 163.

79) **zu p. 129.** Es ist eine dem Maschinentechniker sehr wohlbekannte Tatsache, dass man gerade durch sehr outrierte Darstellungen einen oft recht drastischen und tiefen Einblick in zu ergründende Verhältnisse erlangt.

79[a]) **zu p. 129.** In der Tabelle 1a ist $\eta = 1{,}0$, in 1b ist $\eta = 1{,}5$ angenommen. Je nachdem es gelingt den Reduktionskoefficienten mehr oder weniger herabzudrücken, wird man die eine oder die andere Anzahl Pferdestärken in Rechnung zu setzen haben. Vor schablonenhaftem Gebrauch der Tabellen muss überhaupt gewarnt werden. Ein näheres Eingehen in die hier herrschenden Verhältnisse wird den Blick erweitern und zeigen, dass alle Tabellen nur entworfen sind, um gleichsam als tastende Fühler in bis jetzt unbekannte Regionen vorgestreckt zu werden.

80) **zu p. 129.** Bei den Buchet- und bei Mors-Motoren ist 1 N heute schon gleich 5 kg. Allerdings ist unter diesem N keine Ballonpferdestärke zu verstehen. S. p. 101.

81) **zu p. 129.** Es wird empfohlen, die Werte der korrespondierenden Tabellen mit einander zu vergleichen, also 1a mit 1b, 2a mit 2b, 3a mit 3b u. s. f.

81[a]) **zu p. 130.** Ich lege meinen Berechnungen die Loessl'schen Formeln zu Grunde, weil ich mich durch Kontrollexperimente wiederholt von deren Richtigkeit innerhalb der für uns maßgebenden Geschwindigkeiten überzeugt habe.[144a])

In der Formel auf p. 130 u. f. bedeutet:

A = die Arbeit des Luftwiderstandes,
γ = das spezifische Gewicht der Luft,
g = die Acceleration der Schwere,
F = die größte Querschnittsfläche in der Richtung des Luftwiderstandes,
v = die sekundliche Geschwindigkeit,
ξ = den Reduktionskoeffizienten,
d = den größten Durchmesser des Ballons,
η = einen Koeffizienten, der u. a. auch vom Wirkungsgrad der Maschine abhängt.

82) **zu p. 131.** Nach den Resultaten der Berliner Hochfahrten zu schließen, nimmt die Temperatur in folgender Weise ab:

Temperaturabnahme mit der Höhe.

Abnahme im, resp. zwischen	Winter	Frühling	Sommer	Herbst	Jahr
0—1000	0,40	0,49	0,71	0,48	0,43
1—3000	0,49	0,56	0,55	0,46	0,52

Das Vorkommen des Wasserdampfgehaltes zeigt im großen Durchschnitt folgendes Verhalten:

km	0	1	2	3	4	5	6	7	8
in %	100	68	41	26	17	11	5,4	2,8	1,3

82ª) **zu p. 132.** Für erste Überschlagsrechnung empfehle ich die Werte von $C_{2.0}$ einzusetzen.

83) **zu p. 132.** η nimmt mit der Güte der Schrauben ab. Ich glaube, man wird bei gut gewählten Schrauben $C < 1{,}5$ setzen dürfen.

84) **zu p. 133.** Ich glaube, die Tabelle aus meiner Broschüre über die Wellner'schen Luftwiderstandsversuche hier zu finden wird Vielen willkommen sein. Siehe [115]) auf p. 327.

85) **zu p. 134.** Ich empfehle jenen, welche sich eingehender mit dem Studium lenkbarer Ballons befassen wollen, einzelne der Tabellen 1b—8b und besonders 9b graphisch aufzutragen.

86) **zu p. 135.** Ich mache hier darauf aufmerksam, dass man die Tabellen 1—9 auf mehrere und auf verschiedene Arten graphisch darstellen kann, deren jede uns wieder in die dort herrschenden Verhältnisse in ihrer Weise näher einweiht.

87) **zu p. 136.** Die Tafel VII wurde nicht republiziert, weil sie von mir erst nach Ablieferung des Manuskriptes entworfen wurde. Nach den auf p. 135 und 136 angegebenen Andeutungen kann sie aber aus den Tabellen 9b p. 156 unschwer entworfen werden. Ich würde das allen jenen dringend empfehlen, welche sich näher mit der Frage »lenkbarer Ballons« befassen wollen.

87ª) **zu p. 159.** Bei den elektrischen Fernschnellbahnen sind stündliche Geschwindigkeiten von 200—250 km projektiert. Geschwindigkeiten von 120—130 km in der Stunde sind auf französischen Bahnen mit Dampflokomotiven bestimmt erreicht worden, während in Amerika bei verschiedenen Probefahrten schon 150 km erzielt wurden. Der große

Vorteil lenkbarer Ballons, welche wohl vorerst nicht solche Geschwindigkeiten anstreben, ist der Entfall des Geleises, also einer vorgeschriebenen Bahn, die keine freie Bewegung zulässt. Jedenfalls werden aber in Zukunft Flugapparate für den Schnellverkehr billiger, sicherer und schneller funktionieren als Schnellbahnen, welche auch erst noch im Vorversuchsstadium stehen.

88) **zu p. 161.** η ist bei sphäroidalen Ballons mit 1 angenommen.[146]

88[a]) **zu p. 161. Allgemein** ist:

$$b = 2r \arcsin \frac{l}{2r}$$

$$= \pi r \frac{\varphi^0}{180^0}$$

$$= \mathbf{0{,}017453}\ \boldsymbol{r\varphi},$$

wobei φ der in Betracht kommende Zentriwinkel ist.

Angenähert ist $b = \sqrt{l^2 + \frac{16}{3} h^2}$, worin die Bogenhöhe:

$$h = 2r \sin^2 \frac{\varphi}{4}$$

$$= \boldsymbol{r\left(1 - \cos \frac{\varphi}{2}\right)} \text{ ist.}$$

Bei dem **1. speziellen Fall** ist:

$\varphi = 60^0$ angenommen, daher jetzt

$\boldsymbol{l = r}$ und

$$b = \frac{\pi}{3} r$$

$$= 2r \arcsin \frac{1}{2}$$

$$= \mathbf{1{,}0472}\ \boldsymbol{r}.$$

Für den **2. speziellen Fall** ist:

$\varphi = 120^0$ angenommen, daher

$\boldsymbol{l = r\sqrt{3}}$, daher jetzt:

$$\boldsymbol{b = \frac{2\pi}{3} r}.$$

88[b]) **zu p. 161.** Es verhält sich der Abstand des Schwerpunktes vom Mittelpunkte zum Halbmesser, wie die Sehne zum Bogen. (S. Weißbach, Lehrbuch der theoretischen Mechanik p. 205.)

88[c]) **zu p. 161.** Nach der Guldin'schen Regel ist:

1. $\boldsymbol{O = 2\pi x_0 b}$,

wobei x_0 = der Entfernung des Schwerpunktes von der Achse ist, also $2\pi x_0$ der Weg des Schwerpunktes und b die Länge der Kurve ist, die sich um eine in ihrer Ebene liegende Achse dreht.

2. $\boldsymbol{V = 2\pi x_0 F}$,

wobei F = der Inhalt der ebenen Fläche, die sich um eine in ihrer Ebene liegenden Achse dreht, ist.



Die Fläche des Kreisausschnittes ist.

$$F = \frac{1}{2} b r = \frac{\varphi^0}{360^0} \pi r^2,$$

wobei φ der zum Bogen b gehörige Zentriwinkel in Graden ist.

88[d]) zu p. 161. Für den zweiten speziellen Fall also:

für $\varphi = 120^0$ ist:

$$l = r \sqrt{3} = 1{,}73205\, r$$

$$b = \frac{2\pi}{3} r = 2{,}0944\, r$$

$$O_2 = \frac{2\pi r^2}{3} (3\sqrt{3} - \pi)$$

$$O_2 = 4{,}304\, r^2$$

$$\frac{O_2}{2} = 2{,}152\, r^2.$$

88[e]) zu p. 163. Für den zweiten speziellen Fall ($\varphi = 120^0$ u. s. f. wie oben) ist dann:

$$V_2 = \frac{\pi r^3}{12} (9\sqrt{3} - 4\pi)$$

$$V_2 = 0{,}7913\, r^3$$

$$\frac{V_2}{2} = 0{,}3957\, r^3.$$

89) zu p. 164. Ich empfehle, sich in diese Graphikons auch die Kurven für das relative Ballongesamtgewicht von »125« und von »150 Ballons« einzuzeichnen. Man wird dabei sehr lehrreiche Wahrnehmungen machen. Siehe auch die Ausführungen auf p. 168.

90) zu p. 165. In den Tabellen 1c und 2c ist $\eta = 1{,}0$ ausgenommen.

91) zu p. 167. Der Wert von 1,0 kg entspricht der Hubkraft von 1 cbm reinem Wasserstoffgas vom spezifischen Gewichte 0,0693 bei folgenden Temperaturen und Luftdruckverhältnissen:

Temperatur in Graden	Luftdruck in mm
t	p
— 10	607
± 0	632
+ 10	655
+ 20	677

91a) zu p. 170. Hauptmann Franz Hinterstoißer.

92) zu p. 170. V. Silberer »Die Unmöglichkeit der Lenkbarmachung der Luftballons« p. 5 und 6.

93) zu p. 170. Der »dynamische Flug« von Professor Georg Wellner, Brünn 1899, p. 6 und 7.

94) zu p. 171. Professor Georg Wellner's im »Wiener flugtechnischen Verein« am 15. Dez. 1901 gehaltener Vortrag, in welchem dem »lenkbaren Ballon« gleichwie im Vortrage desselben Professors im österr. Ingenieur- und Architekten-Vereine am 11. Jan. 1902 jede Zukunft abgesprochen wurde.[146a])

Auch Hiram Maxim äußerte sich in der Sitzung der »British Aëronautical-Society« folgendermaßen abfällig über den »lenkbaren Ballon«:

»Ein Ballonluftschiff muss seiner Natur nach sehr leicht und gebrechlich sein, sonst kann es sich nicht vom Boden erheben, seine mittlere Dichte muss kleiner sein, als die Dichte der verdrängten Luft. Mit anderen Worten, der Ballon verhält sich wie eine Blase. Selbst wenn es möglich wäre, einen Motor herzustellen, welcher imstande ist, hundert Pferdestärken für jedes Kilogramm seines Gewichtes zu leisten, bliebe es trotzdem noch immer ein Ding der Unmöglichkeit, ein Ballonluftschiff selbst bei der denkbar zweckmäßigsten Konstruktion auch nur gegen eine mäßige Brise vorwärts zu treiben. Es ist unmöglich einen Ballon so zu versteifen, dass er einerseits den Winddruck aushalten kann und andrerseits aber auch im stande ist, sich zu erheben.[147])

»Ein Ballonluftschiff ist notwendig stets auf die Gnade des Windes angewiesen, und zwar eines Windes, welcher nicht stärker ist als jener, welcher während 300 Tagen des Jahres weht.[148]) Diejenigen, welche die gefahrlose und zielsichere Fortbewegung durch die Luft mittels eines Apparates erreichen wollen, welcher leichter ist als die Luft, werden mit Rücksicht auf die rein technisch-konstruktiven Schwierigkeiten des Problems bald an einem Punkte angelangt sein, über den hinaus ein wesentlicher Fortschritt kaum erreichbar sein dürfte. Die Anhänger des »lenkbaren« Ballons geben sich deshalb einer trügerischen Hoffnung hin, wenn sie die praktische Lösung des Problems etwa von einem deus ex machina, von einer unverhofften, neuen Entdeckung erwarten sollten. Die Wahrscheinlichkeit für solche umwälzende Erfindungen ist jedenfalls ganz verschwindend klein.

»Ein praktisch brauchbares Ballonluftschiff muss also für immer eine Utopie bleiben.«

Es ist mir nicht erfindlich, warum ein lenkbarer Ballon seiner Natur nach leicht und gebrechlich sein muss? Jene Teile, welche stark beansprucht werden, macht man entsprechend widerstandsfähig, die anderen können leicht sein, alles aber muss naturgemäß so fest und so widerstandsfähig gebaut sein, damit es den auf sie einwirkenden Kräften widersteht. Auch muss ein Ballon durchaus nicht die gleiche Dichte als Ganzes haben, wie die ihn umgebende Luft. Was Maxim bezüglich des Windes

sagt, gilt auch nur von Ballons von geringer Eigengeschwindigkeit und diese ist es, welche eben erhöht werden muss und kann.

Auf einen Deus ex machina zu rechnen, wäre eines Technikers geradezu unwürdig.

Bemerken will ich, dass ich der Meinung bin, ein statischer Ballon sei viel schwerer praktisch lenkbar zu machen, wie ein überlasteter Ballon und dass alle Ballongegner in erster Linie die statischen Ballons — ohne, dass sie es aussprechen — bei ihren Urteilen im Auge zu haben scheinen. Ferner neige ich, sowie die Ballongegner der Ansicht zu, »dass der Ballon ein Ballast ist«, aber eben ein notwendiger Ballast, den wir heute noch nicht entbehren können. Zuzuwarten bis die Zeit gekommen sein dürfte, wo dieser entbehrlich wird, halte ich für untunlich. Der Weg geht vielleicht einst über den Ballon zur Flugmaschine; aber diese Stufe muss erst erklommen werden, ehe wir weiterschreiten. Darum ist das Studium und die praktische Ausführung lenkbarer Ballons, welche heute schon sportlichen Zwecken dienen, sehr wichtig. Bald wird die Zeit kommen, wo sie auch andere Verwendung finden und den Kulturfortschritt der Menschheit in ihrer Weise fördern werden.

94[a]) zu p. 172. Der Parseval-Sigsfeld'sche Ballon hat, ohne eine feste innere Versteifung zu besitzen, schon Winden von mehr als 25 m per Sekunde widerstanden. Damit hat er den besten Beweis erbracht, dass ein Ballon genügend fest gebaut werden kann, um mit wenigstens 20 m per Sekunde Fahrtgeschwindigkeit dahinzufliegen.

95) zu p. 173. Diese Verhältnisse scheinen sich jetzt zu bessern. Dumont hat zur Zeit schon sieben verschiedene lenkbare Ballons gebaut, die allerdings vorerst keine großen Geschwindigkeiten aufweisen, aber doch eine Entwickelung seiner lenkbaren Ballons zeigen, die unser Interesse in Anspruch nimmt.

95[a]) zu p. 174. Bei der Korrektur dieses Bogens kam mir eben die Nachricht zu, dass es in Frankreich gelungen sein soll, Wasserstoffgas so billig wie Leuchtgas herzustellen; ob sich diese Nachricht bewahrheitet, muss abgewartet werden, aber jedenfalls wird der Preis des Wasserstoffgases bald sinken.

96) zu p. 177. H. von Helmholtz: »Lehre von den Tonempfindungen« 1863. — Vorlesungen über die Dynamik diskreter Massenpunkte 1898. — Vorlesungen über die mathematischen Prinzipien der Akustik 1898.

J. W. Strutt, Baron Rayleigh: »Die Theorie des Schalles«, übersetzt von Dr. Fr. Neesen. 1880.

O. Schlick: »On the vibrations of steam vessels« J. N. A. 1884. — »On an apparatus for measuring and registering the vibrations of steamers« J. N. A. 1893. Further investigations of the vibrations of steamers« J. N. A. 1894. »Über den Einfluss des Aufstellungsortes der Dampfmaschine auf die Vibrationserscheinungen bei Dampfern« Z. d. V. d. Ing. 1894. »Des vibrations des vapeurs« Congrès d'Arch. et de Constr. Nav. Paris 1900.

J. D. Taylor: »The causes of the vibrations of screw steamers« (Journal of the American Society of Naval engineers, vol. III. 1891).

J. A. Normand: »Des vibrations des navires et des moyens de les atténuer«, 1892.

A. F. Yarrow: »Note au sujet de la manière d'équilibrer les machines marines et de la vibration des navires« (Transactions of the Institution of Naval Architects 1892 und Mémoire du Génie maritime 1893).

Otto Schlick: »Über die Mittel zur Beseitigung der Vibrationen von Dampfern«, Zeitschrift des Vereines deutscher Ingenieure, 1894, sowie »On the vibration of steam vessels«, Transactions of the Institution of Naval Architects, 1884.

Pollard et Dudebout Bd. IV, S. 331: »Vibrations des coques des navires à hélice«.

Berling: »Schiffsschwingungen, ihre Ursachen und Kritik der Mittel zu ihrer Verminderung«, Zeitschrift des Vereines deutscher Ingenieure, 1899.

97) zu p. 177. In der Formel $m w^2 r$ bedeutet:

m = Masse eines schwingenden Punktes,
w = Winkelgeschwingkeit dieses Punktes,
r = Schwingungsradius dieses Punktes.

98) zu p. 177. Die Schwingung eilt um 90° der Verrückung bezw. Drehung voraus.

99) zu p. 178. Die Maximalausschläge zweier ähnlicher Stäbe verhalten sich proportional den an ihnen angreifenden Massenmomenten umgekehrt den Massen der Stäbe und den Dämpfungskoëffizienten.

Die Wertigkeit einer Horizontalkraft an einem Punkte der Schwingungslinie ist gleich der eines Kräftepaares im Angriffspunkte der Kraft.

100) zu p. 180. Die statische Luftverdrängung kann nur durch eine Beschleunigung der einzelnen Luftteilchen erzielt werden. Die das Luftschiff umgebende Luft schwingt mit einem gewissen Teile ihrer Masse in der Periode der Luftschiffschwingungen. Wären Luft und Aërostat mit einander starr verbunden, so würde die Phase beider Schwingungen übereinstimmen; wären dieselben nur in loser Berührung mit einander, so würde die Luft sich im Augenblicke der Schwingungsumkehr von dem Luftschiffe entfernen; den tatsächlichen Verhältnissen entsprechend muss eine Phasendifferenz zwischen der Schwingung des Aërostaten und der Luft vorhanden sein, die Luft eilt in ihrer Phase der des Schiffes nach, um so mehr, je weiter die Luftteilchen vom Luftschiffe entfernt sind.

Die Wirkung der Luftschwingung können wir sonach in die Einzelwirkungen zweier senkrecht aufeinander stehender Schwingungen zerlegen: eine Hauptschwingung in der Phase der Luftschiffsschwingung und eine hierzu um 90° versetzte Schwingung.

Erstere bewirkt eine Verlängerung der Periode, um so mehr, je größer der mitschwingende Anteil der Luftmasse ist; letztere hat auf die Periode einen nur unbedeutenden Einfluss.

Für eine Vorherbestimmung der mitschwingenden Luftmasse fehlt uns bis heute die erforderliche Einsicht.

101) zu p. 183. Die auf äußere Temperatureinflüsse zurückzuführenden Volumsänderungen des Traggases müssen strenge berücksichtigt werden. Kommt der Ballon über Landstriche oder unter Wolken, welche sein Traggas abkühlen, so wird die Hülle schlapp und das Gas wogt in ihr hin und her. Es werden daher unter diesen Umständen stoßartige Erschütterungen auftreten, denen die Hülle nicht gewachsen ist. Dieser gefährlichen Eventualität kann durch Verringerung der in Schwankung geratenen Gasmasse dadurch begegnet werden, dass man entweder mehrere Ballons nimmt (Zeppelin) oder Abtheilungen in den Ballon gibt (Rozé), oder vom Ballonet entsprechend Gebrauch macht, oder dass man durch Einlegen einer Isolirschicht (zweite Hülle wie z. B. bei Zeppelin), die primäre Ursache der schädlichen Gaszusammenziehung vermindert. Siehe darüber auch die interessanten Aufsätze in »Revue de l'Aéronautique« 1901, 8. Bd.



Fig. 78. Ballongondel (Traggerüste) des Renard-Krebs'schen Ballons von Sapeuren getragen.

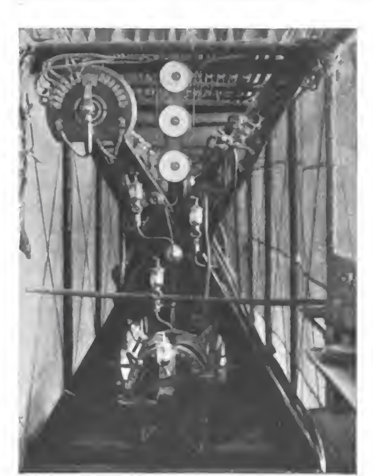


Fig. 79. Schaltbrett in der Renard-Krebs'chen Ballongondel.

102) zu p. 186. Herr Oberst Charles Renard war so liebenswürdig, mir von seinem lenkbaren Ballon aus dem Jahre 1884/85 mehrere Photographien zur Verfügung zu stellen, wofür ich nochmals meinen verbindlichsten Dank ausspreche. Weil die Bilder verspätet eingetroffen sind, so können

nur einige von ihnen hier im Anhange reproduziert werden. Die Figur 78 zeigt die Ballongondel, das ist derjenige Ballonbestandteil, welchen ich das Ballontraggerüst nenne. Die vertikalen und besonders die horizontalen Stäbe sind aus armdicken madagaskaïschen Bambusstäben mit Draht und Bändern aneinandergefügt und mit Drahtkreuzen verstrebt. Das Netzhemd war an Knebeln angehängt. Die Schraubenwelle muss eine Länge von etwa 8 bis 10 m gemessen haben. Deutlich sieht man an der Fig. 78 die Stelle, wo das Schaltkreuz angebracht war, wo also der Aufenthalt eines der Ballonführer gewesen sein muss. Die größte Höhe dieser ingeniösen Gondel beträgt 1,9 m, ihre Länge 32 m und ihre Breite 1,3 m; ihr Gewicht betrug pro laufenden Meter ca. 14 bis 16 kg.

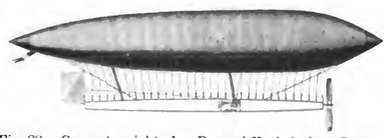


Fig. 80. Gesamtansicht des Renard-Krebs'schen Ballons vom Jahre 1884/5 nach der schematischen Planskizze.

Das Schaltbrett Fig. 79, in Form eines Andreaskreuzes ausgeführt, enthielt im oberen Zwischenteil die elektrischen Messinstrumente, links oben die Antriebskurbel und zwischen seinen unteren Kreuzteilen den Elektromotor eingebaut. Rechts und links des Führerstandes bemerkt man noch eine Anzahl von Kurbeln, die zur Ingangsetzung von Bewegungsmechanismen dienten. Rückwärts sieht man das große Zahnrad, welches den Propeller in Bewegung setzt und durch seine Dimension auf eine große Übersetzung vom Schnellen ins Langsame hindeutet. Vorne bemerkt man noch vier Ölgläser. Das Andreaskreuz dient auch zur Querversteifung der Gondel besser, als dies die Drähte allein besorgen könnten.



Fig. 81. Vorderansicht des Renard-Krebs-schen Ballons.

Die Fig. 80, welche die Gesamtansicht des Renard-Krebsschen Ballons in viel besserer Ausführung als es die Fig. 7 zum Ausdruck bringt, wiedergibt, zeigt deutlich jenen Platz der Gondel an,

wo der Motor eingebaut war. Weiter nach links zu lagen offenbar die Akkumulatoren, welche in »Revue de l'Aéronautique« 1890 unter dem Titel: Les piles légères du Ballon dirigeable »La France« von Renard selbst ausführlich beschrieben worden sind. Ich habe einen Auszug davon im »Taschenbuch für Flugtechniker und für Luftschiffer« wiedergegeben (2. Auflage bei L. W. Kühl in Berlin). Siehe auch p. 254.

Die Fig. 81 endlich gibt eine Ansicht des Renard-Krebs'schen Ballons von vorne. Das sehr interessante Märzheft des »Figaro Illustrée« 1902 enthält diese Figur im Großen und in Farben ausgeführt. Besonders deutlich sieht man das Netzhemd übergeworfen und die Konstruktion der Luftschraube, ferner tritt die versteifte Ballonspitze sehr klar hervor.

102^a) zu p. 188. Die Ausführungen auf Seite 188 schließen sich enge an die Erläuterungen meteorologischen Inhaltes auf Seite 76 an.

103) zu p. 189. Über das dort in das Marchfeld auftretende Donautal. Vor der Übersiedelung der Centralanstalt für Meteorologie etc. nach der Hohen Warte befand sich das Aneroid auf der Plattform eines Turmes, welcher im Innern der Stadt gelegen ist (alte Universität). Die dort gefundenen Messungen ergaben geringere Werte der Windgeschwindigkeiten.

104) zu p. 189. Während aller drei Jahre herrschte in jedem Jahre die gleiche Zahl von 1867 Windstunden von mehr als 8 m p. s.

105) zu p. 190. Es ist gewiss von Interesse, einiges über die größten Werte der beobachteten Windgeschwindigkeiten zu erfahren, weil darüber viel Irrtümliches verbreitet ist. In Wien war der größte Sturm seit 1873 am 10. September 1884 mit 30 m p. s. zwischen 6 bis 7 Uhr als Mittelwert, einzelne Stöße mögen auch 36 m u. m. betragen haben. Die Barometerdifferenz in der Richtung des stärksten Gefälles des Luftdruckes, der sogenannte Gradient (hier Wien-Ischl) betrug 0,44 mm pro 7,4 km (deutsche Meile). Der reduzierte Barometerstand in Ischl war 770,4 und in Wien 758,4 mm. Bei den tropischen Orkanen steigen die Luftdruckdifferenzen bis zu 1 mm pro deutsche Meile. An der deutschen Küste waren seit 1876 (der Gründung des Beobachtungsnetzes der Deutschen Seewarte) der 11. Februar 1894 und der 11. Dezember 1891 die sturmstärksten Tage mit 25 bis 28 m p. s. in Hamburg, Wilhelmshaven, Kiel und Wustrow als Stundenmittel. In Hamburg wurden Stundenmittel von 30 bis 32 m gemessen (1894). Am 11. Dezember 1894 stieg das Stundenmittel nur auf 23 bis 26 m p. s., in Hamburg auf 29 m p. s.

Aus England liegen Anemometerangaben von Stürmen aus 1868 bis 1897 vor (30 Jahre). Größtes Stundenmittel daselbst: in 10 Fällen 27, in 10 anderen 28 bis 31 und in je 1 Fall 34 und 35 m p. s.

Ferner registrierten Aden (3./6. 1885) 36 m beinahe eine Stunde lang, Mauritius (29./4. 1892) Böen von 40 m, Manila (20./10. 1882) 40 m (nach Hann 44 bis 54 m p. s., Zeitschrift f. Luftsch. 1888 p. 164).

Für trombenartige Wirbel schätzt Hann die Geschwindigkeit am äußeren Rande mit 56 bis 67 m, im Innern dagegen auf 165 m (daher Tornadohöhlen zum Schutze vor den zerstörenden Einflüssen dieser Wirbel).

106) zu p. 190. Gerne hätte ich diese außerordentlich lehrreichen graphischen Darstellungen, welche auch die Schwankungen des Luftdruckes und der Temperatur in verschiedenen Farben enthalten, hier wiedergegeben. Es musste leider, um den Preis des Buches nicht noch zu erhöhen, unterbleiben.

107) zu p. 190. Erwägt man, dass die Windgeschwindigkeit mit der Höhe zunimmt und die Prozente sich mit Ausschaltung der Nachtstunden und der Wintermonate reduzieren, so kann man, weil sich die lenkbaren Ballons im allgemeinen, besonders bei Bergfahrten nicht in größere Höhen erheben, die auf den Tabellen α bis γ gegebenen Werte als Mittelwerte, also als Durchschnittswerte wohl mit Beruhigung anwenden.

108) zu p. 191. In den Tabellen α bis γ ist nur die Windgeschwindigkeit über Wien berücksichtigt. So instruktiv diese Tabellen auch sind, so genügt es doch nicht, nur die Windverhältnisse eines Punktes genau zu kennen. Der Ballon soll ja meist weitere Fahrten unternehmen; es ist daher nötig, über die Windverhältnisse aller Gebiete, über welche der Ballon fährt, genau orientiert zu sein. Wir sind erst am Anfange einer genauen Kenntnis der verschiedenen Windgeschwindigkeiten und Windwege.

Ein Sturm von 25 m p. s. legt in einer Stunde 90 km zurück. In 24 Stunden ergäbe das 2160 km. Erfahrungsgemäß flaut aber ein solch starker Wind meist bald ab. Die Luftdruckverhältnisse ändern sich ziemlich schnell, daher auch die Geschwindigkeit des Windes. Die Wetterkarten klären in dieser Beziehung gut auf, sie geben aber kein Mittel, sondern stets nur spezielle Fälle. Um ein solches, und dieses ist sehr lehrreich, zu erhalten, ist es erforderlich, alle jene Hauptstationen, über welche man mit dem lenkbaren Ballon fahren will, in der für Wien angegebenen Weise zu bearbeiten. Es wäre nicht nur von großem Interesse z. B. eine Linie: Triest, Graz, Wien, Prag, Leipzig, Berlin, Hamburg, Stockholm oder Madrid, Paris, Straßburg, Berlin, Warschau, Moskau etc. in dieser Art ausgearbeitet vor sich zu haben, sondern, sobald man dazu schreitet, fachmännisch zu fahren, unbedingt erforderlich die Luftströmungsverhältnisse im großen Ganzen, und so gut es angeht, jeweilig auch im Detail zu kennen.

108a) zu p. 193. In wie viel Prozent-Stunden weht der Wind in Triest—Graz—Prag—Berlin etc. etc. mit mehr als 8 m p. s.? Aus der Betrachtung der Tabelle α folgt, dass im sechszehnjährigen Durchschnitte auf 5 Windstunden je eine kommt, an welcher die Windgeschwindigkeit größer als 8 m p. s. ist und 4 Stunden kommen, an welchen die Windgeschwindigkeit kleiner als 8 m p. s. ist. Dieses Resultat spricht sehr zugunsten lenkbarer Ballons, weil man mit Ballons von $v = 8$ m Geschwindigkeit an $^4/_5$ % Stunden wirklich auffahren, sie also tatsächlich verwenden kann.

108b) zu p. 193. In wie viel Prozent-Stunden weht der Wind in Triest—

Graz—Prag—Berlin—Hamburg oder Madrid—Paris—Berlin etc. mit mehr als 14 m p. s.?

An anderen Orten wehte der Wind in einer Stärke von etwa 14 m (13,9) in nachfolgender Anzahl Prozente (nach Hamberg):

7jährige	Beobachtungsdauer:		Valentia	14,9%
7	»	»	Falmouth	10,5%
7	»	»	Aberdeen	4,3%
7	»	»	Glasgow	2,5%
7	»	»	Stonyhurst	1,9%
7	»	»	Kew	1,1%
7	»	»	Armagh	1,1%.

Für Wien gibt Hamberg während 5 Jahren 2633 Stunden mit Winden von 13,9 m. Es sind dies 6%, während ich als Durchschnitt von 16 Jahren 3,7% erhalte. Es sollten auch immer die Jahre angegeben werden, wo solche Geschwindigkeiten auftreten. Hamberg gibt Stunden an; ich rechnete sie auf Prozente um.

108c) zu p. 194. In wieviel Prozent-Stunden weht der Wind an allen diesen Orten (Triest—Hamburg etc.) mit mehr als 20 m p. s.? Ich werde versuchen, diese Zusammenstellung mit der Zeit zu machen und will die hauptsächlichsten dann in den »Illustrierten aëronautischen Mitteilungen« fallweise publizieren.

108d) zu p. 203. Auch die größten an den betreffenden Orten anemometrisch verzeichneten Windgeschwindigkeiten sollen in Tabellen nach Art der Tabelle ε publiziert werden. Immer wären auch die Höhen der Anemometeraufstellungen genau anzugeben, überhaupt die ganze Situation, damit man sich ein ungefähres Bild von den örtlichen Einflüssen machen könnte.

Die Anzahl der Windstillen (Calmen) beträgt nach Hamberg in

Wien	(während	5	Jahren)	14,2%
Upsala	»	8	»	8,9%
St. Petersburg-Pavlowsk	»	8	»	1,1%
Valentia	»	7	»	5,2%
Falmouth	»	7	»	0,9%
Aberdeen	»	7	»	0,9%
Glasgow	»	7	»	2,9%
Stonyhurst	»	7	»	7,5%
Kew	»	7	»	6,2%
Armagh	»	7	»	6,5%

Als Windstillen sind angenommen für Upsala eine Anemometerangabe unter 0,64 m p. s., für Wien und St. Petersburg unter 0,53, für englische Stationen unter 0,95 m p. s.

108e) zu p. 205. Bezüglich der Flächenproportionalität fanden Borda, Hutton und Thibault aus ihren Versuchen, dass der spezifische Widerstand mit der absoluten Flächengröße zunahm (Poncelet, Méc. ind., p. 616 und 617), wogegen Dines, welcher mit fein tariertem Anemometer

seine Versuche machte, das Umgekehrte konstatierte (S. Fergusson in Proceedings of the internal Conference on aerial navigation, held in Chicago 1894). Auch Versuche, die Baker an der Forth-Brücke über den Winddruck anstellte, sollen Dines Annahme bestätigen. Es frägt sich aber, ob diese Messungen wohl auf denselben Grad der Genauigkeit Anspruch erheben können, wie die von Loessl durchgeführten. Dass der Widerstand ähnlicher Flächenformate proportional der Flächengröße ist, geht auch aus den Luftwiderstandsversuchen von Canovetté und des Abbé Le Dautec hervor (Ill. aëron. Mitt. 1901, p. 107).

108[f]) zu p. 206. Wie groß die relativen Ballonpferdestärken der einzelnen Konstrukteure sich stellten, habe ich auf der Tabelle II p. 12 wiederzugeben versucht. Ich kann ihnen natürlich bei der großen Mangelhaftigkeit des Quellenmateriales nur angenäherte Richtigkeit zusprechen. Sie variieren von 0,197 (Zeppelin) bis 0,424 (Renard), ja noch innerhalb weiterer Grenzen, wenn man z. B. auch Yon (0,552) in Betracht zieht. Im allgemeinen ergibt sich ein Wert von 0,2 bis 0,4 kg aus den alten Ballons. Für neu zu erbauende Ballons gibt die Tafel III hinreichende Anhaltspunkte. Siehe auch p. 101.

109) zu p. 206. Hugo Güldner: »Konstruktions- und Betriebsergebnisse von Fahrzeugmotoren für flüssigen Brennstoff«, mit einem theoretischen Teil: »Berechnung der Motorleistung und des Kraftbedarfes von Motorwagen«. Berlin 1901.

110) zu p. 207. Einem in den »Mémoires et Compte rendu des traveaux de la société des Ingénieurs civils de France 1901« im Dezemberheft p. 919 befindlichen Graphikon entnehme ich folgende Daten über absolute Motorgewichte pro 1 Pferdestärke. (Siehe Tabelle auf p. 296.)

110[a]) zu p. 208. Unter tierische Motoren, welche für Luftschiffahrtszwecke Verwendung finden, reihe ich den Menschen ein und zwar das ganze Luftschifferpersonal — exclusive der Passagiere. Was nützt die beste Maschine, wenn sie nicht in Gang gesetzt und im Gang erhalten wird; dies aber besorgt der Ballon- resp. Maschinenführer, deshalb ist das Gewicht dieser Leute auch dem Motorgewichte zuzurechnen.

110[b]) zu p. 209. Über Luftschiffmotoren und speziell über Explosionsmotoren wolle man meinen Beitrag in der demnächst erscheinenden 2. Auflage von Moedebeck's Taschenbuch für Flugtechniker und Luftschiffer nachlesen, wo die Motorenfrage ausführlicher behandelt wird. Ich möchte aber jedem Luftschiffer, der nicht speziell auch Maschinentechniker ist, entschieden abraten, in Motorenfragen auf Erfindungen auszugehen. Wir verfügen heute schon über so leichte Motoren, dass man füglich die Motorenfrage für Luftschiffahrtszwecke als gelöst erachten kann.

111) zu p. 209. Nach dem Bericht von Czischek: »Die Dampfmaschine der Pariser Weltausstellung« (siehe Zeitschr. d. österr. Ing.- u. Architekten-Vereines vom Jahre 1901 p. 793) betrug der Dampfverbrauch für 1 indizierte Pferdestärke und 1 Stunde bei einer Heißdampf-Tandemmaschine (Patent W. Schmidt, ausgeführt von der Maschinenbau-Aktien-Gesellschaft

Name des Motors	bei x N	wiegt $1 N = y$ kg
Société Générale des Voitures Automobiles	20	11,8
	30	10,3
	40	9,5
	60	9,0
Motorfahrzeug und Motorfabrik Berly	10	13,4
	20	11,2
	30	9,5
	40	8,3
	50	7,5
Buchet 4 Zyl.	20	7,8
	30	7,2
	40	6,3
Panchard	10	6,2
	20	5,7
	30	5,4
	40	5,3
	50	5,0
	60	4,7
	70	4,4
	80	4,3
	90	4,2
Mors (sans volant)	20	6,2
	30	5,6
	40	5,1
	50	4,6
	60	4,1
	70	3,7
	80	3,4
	90	3,2
Bourdiaux & Delalande	20	3,3
	30	2,2
	40	2,2
	50	2,1

vorm. Breitfeld Daněk u. Comp. in Prag) nur 4,2 kg, sage: Vier zwei Zehntel Kilogramm bei einem Kohlenkonsum von 0,62 kg.

Dieselbe Firma baut Compound-Kondensations-Maschinen von 6,8 (0,94) kg und Dreifach-Expansions-Maschinen von 5,5 (0,76) kg Dampf- resp. Kohlenverbrauch. Das Nähere wolle man in dem angezogenen sehr beachtenswerten Aufsatze nachlesen.

112) zu p. 209. Der die Propulsion behandelnde Abschnitt ist nach Busley »Schiffsmaschine« für Luftschrauben angepasst gearbeitet.

113) zu p. 214. Über Luftschrauben siehe u. a. folgende Arbeiten:

Renard: »La Machine à essayer les hélices« (Revue de l'Aéronautique 1889 p. 93—102).

von Loessl in Zeitschr. f. Luftsch. 1893 p. 151.

Wellner: »Über Luftschrauben« (Zeitschr. d. öst. Ingenieur- u. Architekten-Vereines 1894 Nr. 33, 34 u. 47). »Versuche mit größeren Luftschrauben« (Zeitschr. d. öst. Ingenieur- u. Architekten-Vereines 1896 Nr. 35 u. 36).

Theodor Kadarz: »Der Luftpropellerflügel und seine Eignung für Luftschiffahrtszwecke« (Zeitschr. f. Luftschiffahrt 1898 p. 103, 145, 176).

Hoernes: »Wellner's Versuche mit größeren Luftschrauben« (Zeitschr. f. Luftschiffahrt. XVI. Jahrg. 1897 p. 5).

Hiram S. Maxim: »Natural and Artificial flight« (The Aëronautical Annals 1896 p. 26—55).

Patrick Y. Alexander: »Experiments on the Trust or Lifting Power of Aër Propellers« (Experimental Works Bath 1901).

Otto Kübler: »Das Zeppelin'sche Luftfahrzeug« (Ill. aëron. Mittlg. 1902, Heft 1, p. 11—15).

114) zu p. 216. Siehe den sehr lesenswerten Aufsatz von Raps »Elektrische Befehlsübermittlung an Bord« im 2. Band des Jahrbuches der Schiffbautechnischen Gesellschaft p. 121—164, die dort beschriebene Maschine liefert u. a. auch Siemens & Halske. Doch muss bemerkt werden, dass die bisherigen Maschinen ziemlich schwer sind, es aber tunlich erscheint, bei ihrer Adaptierung für Luftschiffe viel Gewicht zu sparen, wovon ich mich selbst überzeugt habe. Die Sache läuft wieder auf eine Geldfrage hinaus.

115) zu p. 217. Man lese über den Sellner'schen Apparat im »Jahrbuch der Schiffbautechnischen Gesellschaft« im 3. Bande die gleichfalls hochinteressante Abhandlung von Geyer: »Elektrische Kraftübertragung an Bord« p. 116—140 nach.

116) zu p. 217. Auch astronomische Apparate werden bei langandauernden Fahrten oder bei Fahrten in Wolken Verwendung finden, um den Ort, an welchem sich der Ballon jeweilig befindet, zu bestimmen. Siehe darüber Bartsch v. Sigsfeld: »Astronomische Positionsbestimmungen im Freiballon« (Zeitschr. f. Luftschiffahrt 1898 p. 2—12), ferner: »Handbuch der Navigation«, Hydrographisches Amt der kaiserlichen Marine § 101.

Eine Genauigkeit von $1/2$ Breitengrad wird in der größten Anzahl der Fälle genügen, oft auch wird es ausreichend sein, die Richtung, nach welcher sich der Ballon bewegt, kennen zu lernen. Fährt man in geringen Höhen, so wird man sich des Grundlogs bedienen, um Kurs und Fahrt des Ballons zu bestimmen, sonst der Summer'schen Methode der Positionsbestimmung. Diese liefert die Position unmittelbar, sobald die Höhen von zwei Gestirnen gleichzeitig gemessen werden können, was bei Nachtfahrten und klarem Himmel stets möglich ist. Sollen dagegen die Messungen bei Tage stattfinden, so hat man mitunter die Sonne und den Mond, meist aber nur die Sonne allein zur Verfügung.

Für rohe Bestimmungen ist es nicht nötig, besondere instrumentelle Hilfsmittel anzuwenden. Der Wert der Beobachtungen liegt im wesentlichen im Geschick und in der Erfahrung des Beobachters. So unterligt

es keiner Schwierigkeit mit Kreisen, welche in halbe Grade geteilt sind, unter Benutzung des Schattens irgend eines geeigneten fernen Gegenstandes Höhenbeobachtungen zu erhalten, die im Maximum nur zwei bis drei Minuten Fehler aufweisen.

117) zu p. 217. Die Geschwindigkeit des Ballons lässt sich auf sehr verschiedene Weise ermitteln. Von der Erde aus: mit Hilfe trigonometrischer Messmethoden, mit einer Standlinie von zwei Punkten aus, oder von einem Punkte aus durch optische Beobachtung des stärkeren Kleinerwerdens des Ballondurchmessers, mit photogrammetrischer Methode etc. Vom Ballon aus: durch das Messen des erzeugten Winddruckes oder der hervorgerufenen Windgeschwindigkeit. Dies kann außer durch Anemometer noch mit Druckplatteninstrumenten, mit Kinemographen, oder durch Vertikalfahnenapparate und mit Manometer geschehen.

118) zu p. 218. Gelegentlich der Beratung über das von dem rumänischen Delegirten beantragte Verbot, aus Luftballons oder durch ähnliche Mittel irgendwelche Geschosse oder Explosivstoffe zu werfen, befürwortete der rumänische Delegirte die Einschränkung der Gültigkeit auf fünf Jahre (vom Jahre 1899 an). Der nordamerikanische Bevollmächtigte führte in der Diskussion in der dritten Sitzung der ersten Plenarkommission am 22. Juni den rumänischen Delegirten unterstützend, nachfolgendes aus:

»Bei dem gegenwärtigen Stande der Technik der Luftschiffahrt kann einerseits die militärische Wirksamkeit in Erfülluug des hier in Frage kommenden Zwecks — Werfen mit Explosivstoffen — nur eine sehr geringe sein, andererseits aber steht derselben die Gefahr einer umfangreichen, durch die militärischen Interessen nicht bedingten Zerstörung von Leben und Eigentum gegenüber, die mit den Anforderungen einer humanen Kriegsführung unvereinbar ist. Beispielsweise werden bei der derzeitigen mangelhaften Lenkbarkeit der Luftschiffe Geschosse oder Explosivstoffe, die aus denselben geworfen werden, gewissermaßen wie ein Hagelschauer wirken. Sie werden sich auf eine größere Fläche verteilen und einzelne Punkte mehr zufällig als auf Grund von Berechnung treffen. Dabei könnten ebensogut harmlose Einwohner, Kirchen und Hospitäler als feindliche Truppen, Batterien und Befestigungen vernichtet werden. Der Nutzen würde, um so mehr als die Luftschiffe zur Zeit nur wenige Personen aufnehmen können, dabei ein geringer, der unnötige Schaden aber ein großer sein. Es erscheint daher zur Zeit durchaus angebracht und den von der Konferenz verfolgten Zwecken entsprechend, wenn ein solches Mittel der Kriegsführung untersagt wird.

»Von der Zukunft gilt aber nicht dasselbe. Es ist sehr wohl eine Vervollkommnung der Luftschiffahrt in dem Maße denkbar, dass es z. B. möglich wird, Luftschiffe an der kritischen Stelle und im kritischen Augenblick eines Kampfes unter so bestimmten und konzentrierten Bedingungen zu verwenden*), dass dadurch der Sieg entschieden wird. Das Luftschiff

*) Dies wird in nicht ferner Zeit besonders zum Angriffe auf Schlachtflotten oder Befestigungen der Fall sein. D. A.

würde durch seine Geschosse alsdann keinen inhumanen, weil überflüssigen Schaden mehr anrichten, es würde vielmehr, wie alle militärisch intensiv wirksamen Mittel, die Zerstörung lokalisieren und durch Beschleunigung der Entscheidung den Kampf abkürzen, was gerade im Interesse der Menschlichkeit liegt. Einem solchen Kampfesmittel gegenüber darf man sich nicht für alle Zeiten die Hände binden, es genügt vielmehr, wenn man sich auf eine durch das gegenwärtige Stadium der Luftschiffahrt gerechtfertigte Untersagung der fraglichen Art für die Dauer von zunächst fünf Jahren einigt. Nach Bedarf kann diese Frist nach Ablauf verlängert werden, falls die Luftschiffahrt bis dahin noch nicht entsprechende Fortschritte gemacht haben sollte.«

118a) zu p. 219. Paris besitzt eine ziemliche Anzahl aëronautischer Etablissements. Die hervorragendsten sind: Das Atelier von Ed. Surcouf, Ingenieur-Aëronaut in Billancourt; Lachambre, Ingenieur, 24 Passage des Favorites; Louis Godard, Ingenieur, Pont St. Ouen (Seine); Mallet, Ingenieur, 7 Rue des Clous; Besançon, Rue des Sentiers, Bois Colombes (Seine); M. Godard.

Deutschland besitzt meines Wissens nur ein solches Etablissement, das von August Riedinger in Augsburg, welches auch vorzügliche Arbeit liefert.

Über Hüllengewichte wolle man sich im Handbuch für Luftschiffer orientieren. Ferner lese man den Aufsatz von Dietel in Ill. aëron. Mitt. 1900, p. 5—10, »Herstellung der Ballonstoffe«.

Feinste Ponghée-Seide 5 mal gefirnisst, wiegt	pro qm	220 g
» » » » für große Ballons	»	368 »
Perkale viermal gefirnißt od. vulkanisiert	»	210—290 »
» doppelt mit vulkanisierter Gummizwischenlage und äußerer Gummischutzschicht	»	320 »

incl. Nähte wiegen sie um etwa 20—25% mehr.

Surcouf liefert einen prächtigen Ballonstoff aus doppelter japanischer Seide, innen gefirnißt von 1 qm 0,285 g bei $R = 900$ kg Tragfähigkeit.

118b) zu p. 219. Über Magnalium hier einige Daten: Magnalium ist eine Aluminiumlegierung von 2 bis 30% Magnesium.

Bezeichnung der Legierung	Zugfestigkeit kg qmm	Biegungsfestigkeit kg qmm	Stauchfestigkeit m kg cbm	Druckfestigkeit kg qmm
Gusstange, Legierung C	41,3	.	.	.
Gusstange, Legierung S	29,2	24,3	2,5	47
Gusstange, Legierung D	38,4	.	.	.
Gusstange, Legierung P_5	45,3	25,0	2,5	63



Diese Daten gibt nach Mitteilung der »Deutschen Magnalium-Gesellschaft« *) die Physikalisch-technische-Reichsanstalt Charlottenburg.

Eine aus der Legierung α_2 gewalzte Stange hatte eine Zugfestigkeit von 25,6 kg bei 10% Dehnung. Spezifisches Gewicht 2,4 bis 2,57 kg. Es ist von silberweißer Farbe, absolut witterungsbeständig und Rostbildungen nicht unterworfen. Die Gusshaut ist glatt und lässt sich direkt, ohne vorherige Bearbeitung polieren. Der Schmelzpunkt liegt zwischen 650 und 700° C. Das Schwindmaß beträgt 1:60. Magnalium ist in jeder Gestalt mit Hilfe eines eigenen Lotes zu löten.

Aus Nachstehendem sind die Gewichte von Magnaliumblechen von $\delta = 0{,}1$ bis 5,0 mm Blechstärke und die Gewichte von Magnaliumdrähten von $\delta = 0{,}1$ bis 10,0 mm zu ersehen.

Für Magnaliumbleche		Für Draht	
Stärke in mm	Gewicht pro qm in kg	Stärke in mm	Gewicht pro Meter in gr
0,1	0,25	0,1	0,02
0,125	0,313	0,15	0,046
0,20	0,5	0,2	0,08
0,25	0,625	0,25	0,126
0,3	0,75	0,3	0,18
0,4	1,00	0,4	0,32
0,5	1,25	0,5	0,50
0,6	1,5	0,6	0,72
0,75	1,875	0,7	0,98
1,0	2,5	0,8	1,28
1,25	3,125	0,9	1,62
1,5	3,75	1,0	2,00
1,75	4,375	1,5	4,52
2,0	5,00	2,0	8,00
2,5	6,25	2,5	12,50
3,0	7,5	3,0	18,04
3,5	8,75	4,0	32,00
4,0	10,00	5,0	50,00
4,5	11,25	6,0	72,00
5,0	12,5	7,0	98,00
		8,0	125,00
		9,0	162,20
		10,0	200,00

*) Bezugsquelle für Deutschland: Berlin S.W., Yorkstraße 59.
» » Österreich: Malovich & Comp. Wien, Mayssengasse 15.

Ein besonderes Interesse wohnt nachstehender Tabelle über die Gewichte von Magnaliumrohren inne. Sie werden vorerst in Längen bis zu 1,5 m erzeugt. Der äußere Durchmesser (*d*) variiert von 5 bis 100 mm und die Wandstärke (*δ*) von 0,4 bis 5 mm.

Für Rohre								
äußerer Durchmesser in mm	Wandstärke in mm							
	1	1.5	2	2.5	3	3,5	4	5
10	0,085	1,133	0.185	0,241	0,301	0,365	0,432	0.579
12	0,1	0,157	0,216	0.28	0,330	0,418	0,494	0,656
14	0,116	0,18	0,247	0,318	0,393	0,473	0,557	0.733
16	0,131	0,203	0,300	0.359	0,44	0.527	0,718	0,811
18	0,147	0,228	0,310	0,396	0,486	0,580	0,685	0,888
20	0,162	0,248	0,34	0,434	0,533	0.635	0,741	0,965
30	0,24	0,365	0,494	0,627	0.786	0.888	1,05	1,351
40	0.316	0,48	0.682	0.82	0,997	1,16	1.36	1.737
50	0,394	0.597	0,805	1,013	1.23	1.43	1.67	2.123
60	0,471	0.712	0,957	1,20	1.46	1.70	1,97	2,51
70	0.55	0.83	1.11	1,40	1,691	1.97	2,286	2,897
80	0,626	0,944	1,266	1,60	1.923	2.24	2,872	3,28
90	0,70	1.06	1.42	1,79	2,155	2.51	2,9	3,67
100	0,80	1,172	1.86	1,98	2.386	2,8	3.21	4,06

Der Magnaliumguss ist oft besonders rein. Auch Façonstücke aus Magnalium sind zu erhalten. Nach meinem Dafürhalten scheint Magnalium in der Tat für Luftschiffahrtszwecke ein ganz besonders verwendbares Material zu sein.

119) zu p. 219. Vielen Konstrukteuren wird eine Übersichtstabelle kleiner Mannesmannrohre willkommen sein.

Umstehende Gewichtstabelle für Mannesmannrohre von kleinem Kaliber habe ich gerechnet und setze sie zum Vergleich mit den Magnaliumrohren hierher.

Gewichtstabelle über Mannesmannstahlröhren der »Deuts…

Äußerer Durchmesser d in mm			5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Gewichte pro lf. m. in kg (spez. Gewicht 7,8 kg)	Wandstärken δ in mm	0,5	0,0551	0.0674	0,0797	0,0919	0,1041	0.1163	0,1285	0,1408	0,1531	0,1654	0.1776
		0,6	0,0646	0,0794	0,0943	0.1087	0,1234	0,1382	0,1529	0,1675	0,1822	0,1970	0.2117
		0,7	0,0737	0.0909	0,1080	0.1252	0,1424	0,1595	0,1767	0,1938	0,2109	0.2281	0.245…
		0,8	0.0823	0,1019	0,1215	0,1410	0,1607	0,1803	0,1999	0.2195	0,2391	0,2587	0,278…
		0,9	0,0903	0,1124	0,1345	0,1565	0,1784	0,2006	0,2227	0,2447	0,2669	0,2888	0.310…
		1,0	0,0979	0,1225	0,1469	0,1714	0,1950	0,2205	0,2450	0,2695	0,2939	0,3185	0,343…
		1,2	.	.	.	.	.	0,2595	0,2881	0,3176	0,3419	0,3764	0,406…
		1,5	.	.	.	.	.	0,3124	0,3491	0,3859	0.4226	0,4594	0,496…
		2,0	.	.	.	.	.	0,3910	0,4410	0,4900	0,5391	0,5879	0.6371
		2,5	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	0,7657

Hierzu will ich bemerken, dass man diese Stahlrohre etwa um 30% stärker beanspruchen kann als gleichdimensionierte Magnaliumrohre.

Will man in die hier herrschenden Verhältnisse einen klaren Einblick gewinnen, so trage man sich die äquivalenten Daten graphisch auf. Für Luftschiffahrtszwecke werden diese Rohre vielfach mit Erfolg verwendet. Sie sind außerordentlich leicht und dabei von einer ganz besonderen Festigkeit. Ihre Minimalwandstärke beträgt 0,4 mm. Das spezifische Gewicht beträgt 7,8 und die Fabrikationslängen 4 bis 6 m, es können aber auch Längen von 7 bis 8 m auf speziellen Wunsch geliefert werden. Bruchfestigkeit 50 kg, sämtliche Rohre sind auf 50 Atmosphären Druck geprüft. Bezugsquelle: Deutsch-Österreichische Mannesmannröhren-Werke, General-Direktion Düsseldorf. Die feinen Rohre werden speziell in Bous a. S. erzeugt.[119])

119a) zu p. 220. Das spezifische Gewicht des **Leuchtgases** bezogen auf Luft als Einheit beträgt 0,34 bis 0,45, im Mittel 0,4, **Wasserdampf** bei 0° C.: 0,6225, bei 100° C.: 0,4686, **Wasserstoffgas** 0,06927. Hier sei noch erwähnt, dass das spezifische Gewicht des Gases (Dampfes) die Verhältniszahl $\frac{}{}$ ist zwischen dem Gewichte einer gleichen atmosphärischen Luftmenge bei 0° C. und 760 mm Quecksilberdruckhöhe. Da das Mischungsverhältnis der Luft nicht konstant ist, so erscheint es richtiger, das spezifische Gewicht der Gase auf chemisch reinen **Wasserstoff** zu reduzieren. Die vorigen Zahlen sind dann mit 14,43 zu multiplizieren. Das Gewicht von 1 cbm Wasserstoffgas bei $t = 0°$ und $p = 760$ mm beträgt 0,08957 kg. Das spezifische Gewicht bezogen auf Luft = 1 ist 0,06927.

Über die Zustandsgleichungen etc. siehe Hütte 15. Auflage p. 251.

Bemerkt sei noch, dass 1 mm Wassersäule $= \frac{1}{13,59} = 0,0736$ mm

rreichischen Mannesmannröhren-Werke in Düsseldorf.«

	17	18	19	20	22	24	25	26	28	30	32	35	40
90	0,2021	0,2143	0,2266	0,2389	0,2634	0,2870	0,3001	0,3124	0,3368	0,3613	0,3859	0,4226	.
	.	.	.	0,285	.	.	0,359	.	.	0,432	.	0,505	0,58
93	0,2795	0,2967	0,3139	0,3310	0,3653	0,3996	0,4167	0,4339	0,4682	0,5025	0,5318	0,5883	.
80	0,3176	0,3371	0,3568	0,3764	0,4156	0,4547	0,4743	0,4939	0,5331	0,5723	0,6116	0,6704	0,769
29	0,3550	0,3770	0,3994	0,4212	0,4653	0,5094	0,5315	0,5535	0,5976	0,6339	0,6858	0,7520	.
75	0,3919	0,4165	0,4410	0,4655	0,5145	0,5636	0,5879	0,6126	0,6615	0,7106	0,7595	0,8331	0,956
51	0,4645	0,4939	0,5234	0,5527	0,6106	0,6696	0,6998	0,7291	0,7880	0,8468	0,9057	0,9938	.
29	0,5697	0,6065	0,6431	0,6799	0,7535	0,8269	0,8638	0,8985	0,9739	1,0475	1,1210	1,2312	1,415
90	0,7351	0,7845	0,8331	0,8820	0,9801	1,0772	1,1272	1,1761	1,2741	1,3721	1,4701	1,6162	1,863
69	0,8882	0,9495	1,0107	1,0720	1,1946	1,3170	1,3784	1,4395	1,5619	1,6846	1,8071	1,9910	2,298

Quecksilbersäule ist, 1 mm Quecksilbersäule ist daher 13,59 mm Wassersäule.

1 neue Atmosphäre = 1,00 kg f. d. qcm = 735,51 mm Quecksilbersäule
1 alte » = 1,0333 » » » = 760 » »

Das spezifische Gewicht der atmosphärischen Luft ist in Hinblick auf destilliertes Wasser = 0,0012934 = 1 : 773,4.

Siehe »Hütte, des Ingenieurs Taschenbuch«, 15. Auflage, p. 250—253, 607 und 617.

120) **zu p. 221.** Über die Gaserzeugung siehe nähere Daten in Moedebeck's »Handbuch für Luftschiffer«.

Bei elektrolytischer Wasserstofferzeugung wird das zu zersetzende Wasser mittels reinem Chlor und schwefelsäurefreiem, kohlensaurem Kali nach Patent Schmidt und bei den Apparaten von Garudi, Schuckert, Schoop und Latschinoff mit Ätzkali von einem Strom von mindestens 2,5 Volt Spannung in einer Reihe elektrolytischer Wasserzersetzungsapparate zersetzt. Eine Stromdichte von 14 Ampère pro 1 qdm Elektrodenoberfläche liefert bei einer Ampèrestunde 0,037 g Wasserstoff. Für 1 cbm Wasserstoff und $^1/_2$ cbm Sauerstoff sind 6 Kilowattstunden erforderlich. Hierbei kostet 1 cbm 0,6—0,8 Mark.[150)]

121) **zu p. 221.** Die Ausführungen auf p. 221—223 sind meinem Aufsatze: »Der gegenwärtige Stand der Militäraëronautik«, erschienen im »Organe der militär-wissenschaftlichen Vereine«, XLI. Bd., 1890, entnommen.

Das spezifische Gewicht des Wassergases ist in Bezug auf Luft 0,54, in Bezug auf Wasserstoff 7,82. Ein Generator mit 600 kg Kohle beschickt, liefert per Stunde 80 cbm Wassergas.[151)]

122) **zu p. 223.** Bei Erzeugung von Wasserstoff mit Zink und gelöschtem Kalk liefern zwei Apparate in 5 Stunden 600 cbm.[152)]

123) zu p. 224. Excellenz Zeppelin teilte mir 1899 mit, dass ihm Patrick Alexander anriet, unter seinem Ballon Hubschrauben anzuordnen. »Ich werde mich wohl hüten, dies zu thun«, sagte er mir damals, »weil dies die Stabilität des Ballons sehr gefährden würde.« Gewiss wäre dies bei unrichtiger Anwendung der Fall; aber auch das Steuern mit Horizontalsteuern muss man erst lernen, widrigenfalls es größeren Schaden als Nutzen bringt. Dasselbe gilt auch von den Hubschrauben. Ein überlasteter Ballon endlich ist ohne Hubschrauben gar nicht ausführbar, denn an Wellenflug, glaube ich, denkt heute kein ernst zu nehmender Flugtechniker mehr.

124) zu p. 227. Direktor Kübler schreibt auf p. 22 des 1. Heftes der »Ill. aëron. Mitt.« 1902 nach der Beschreibung der 3. Auffahrt: »Bereits um 6 Uhr befand sich der völlig unbeschädigte Ballon wieder in der Halle.« Ich kann trotz dieses Ausspruches, die auf Grund persönlicher Anschauungen gewonnenen und in meinem Aufsatze über das Zeppelin'sche Luftschiff in der Zeitschr. des österr. Ingenieur- und Architekten-Vereins, Jahrgang 1901, zum Ausdrucke gelangten Darlegungen nicht zurückzuziehen. Dem durchführenden Erbauer des Ballons kann diese Selbsttäuschung verziehen werden. Der Kritiker muss die Augen offen halten. In der angeführten Abhandlung schrieb ich p. 220:

»Am nächsten Vormittage besichtigte ich den Ballon. Es interessierte mich besonders, zu erfahren, wie er den Stoß auf das Wasser überstanden hatte, und ob irgendwelche Havarien entstanden waren. Schon bei der Landung hatten wir bemerkt, dass der vordere Teil des Horizontalsteuers durch den Aufprall auf das Wasser in der Mitte entzweigebrochen wurde. Es war aber auch die linke hintere Transmissionswelle gegenläufig verbogen, so dass sie abgenommen werden musste. Nebensächlich erschien eine leichte Deformation des Kondensators. Der rückwärtige Teil des Luftschiffes senkte sich, offenbar war das Gas in den verschiedenen Ballons nur mehr sehr verschieden tragfähig. Die bemerkenswerteste Deformation wies der gitterartige Versteifungsträger auf. Dieser war auf 12 m von vorne gerechnet, nach rechts auf etwa 20 cm stärker aus der Achse und dann auch nach aufwärts verbogen. Ein Beweis, dass er selbst für diese relativ schwache Landung zu wenig stark gebaut war. Auf der äußeren Hülle des Ballons bemerkte ich einzelne kleine Wasserlachen. Hierzu muss ich bemerken, dass der Zutritt uns erst später, nachdem schon manches demontiert worden war, gestattet wurde.«

124[a]) zu p. 228. Die Luftschiffahrt ist eine technische Disziplin für sich allein. Es genügt nicht, Techniker zu sein, um auch schon in der Luftschiffahrt Ersprießliches leisten zu können. Vor allem andern muss der Luftschiffer, wenn er auf diesem Gebiete etwas schaffen will, mit jenem Elemente, in dem sich das Luftfahrzeug bewegt, genau vertraut sein. Er muss also einerseits in der Physik der Atmosphäre Bescheid wissen, und andererseits in Fragen des Luftwiderstandes orientiert sein.

Dann soll er auch an einer entsprechenden Anzahl freier Fahrten teilgenommen und wenigstens einen Kugelballon gebaut haben. Hat er endlich die Geschichte der Luftschiffahrt studiert und sich mit der Frage der Luftschrauben beschäftigt, so wird er, wenn ihn auch seine anderen Studien, als da sind besonders Maschinentechnik, dazu befähigen, in der Lage sein, kleine flugtechnische Experimente mit Erfolg selbst anzustellen, oder auf andere Weise schöpferisch in dieser, von wissenschaftlichem Standpunkte noch jungen Frage zu arbeiten. Freilich ist der angegebene Weg, wie ich zur Genüge weiß, — denn ich habe ihn, was die Luftschiffahrt betrifft, autodidaktisch selbst gewandelt — recht mühsam und langwierig, aber er muss eben begangen werden, weil er die Basis für alle ferneren Unternehmungen bildet. Als Studienbehelfe seien in erster Linie anempfohlen:

1. Moedebeck-Hoernes-Kremser-Lilienthal-Miethe-Müllenhoff, »Taschenbuch zum Gebrauch für Flugtechniker und Luftschiffer«, Berlin bei Kühl.
2. Hoernes, »Das Loeßl'sche Luftwiderstandsgesetz und dessen Anwendung in der Flugtechnik«, Prag 1900.
3. Hoernes, Über Ballonbeobachtungen und deren graphische Darstellungen mit besonderer Berücksichtigung meteorologischer Verhältnisse«, Wien bei Hartleben 1892.
4. Tissandier, »La navigation aérienne«. Paris 1886.
5. Tissandier, »Histoire des Ballons et des Aéronautes célèbres«. Paris 1887.
6. Moedebeck, »Handbuch der Luftschiffahrt«, 1. und 2. Teil. Leipzig 1886.
7. von Loeßl, »Die Luftwiderstandsgesetze, der Fall durch die Luft und der Vogelflug«. Wien 1896.
8. Zeitschrift für Luftschiffahrt. Berlin, Bd. 1—19.
9. Illustrierte aëronautische Mitteilungen. Straßburg.
10. Revue de l'Aéronautique. Paris.
11. L'Aérophile. Paris.
12. L'Aéronautique. Paris.
13. The Aëronautical Journal. London.

Erst wenn man so ziemlich fest in Aëronautik ist, lese man auch andere Werke. Der Neuling wird ohnehin genug Mühe haben, in den Nrn. 8—13 Spreu vom Weizen zu sondern.

125) zu p. 229. Einen Ballon nenne ich dann brauchbar, wenn er mit 14 m p. s. Eigengeschwindigkeit durch drei Stunden hindurch, ohne die Erde zu berühren, fahren kann und dabei eine Nutzlast von mindestens 300 kg mit sich fortbewegt. Leider krassieren zur Zeit eine Anzahl nicht lebensfähiger »lenkbarer Ballons«. Diese schaden der Sache nur. Es möge doch jeder bedenken, welcher einen lenkbaren Ballon entwirft, dass er dazu in erster Linie Techniker sein muss und die auf diesem Gebiete gemachten Erfahrungen beherrschen und beherzigen, also kennen muss.

125[a]) zu p. 229. Ich habe hier einen lenkbaren Ballon von etwa 3000 bis 5000 Kubikmeter im Auge.

125[b]) zu p. 231. Schon vor 18 Jahren, was ein um so größeres Verdienst ist, als ja die Motorenindustrie damals noch bei weiten ihre jetzige Höhe nicht erreicht hatte. Auch gab es damals noch kein Magnalium und befand sich die Aluminiumindustrie in den Kinderschuhen.[153])

126) zu p. 232. Wenn ich im vorstehenden das Luftschiff des Grafen von Zeppelin in mancher Hinsicht kritischer untersucht habe, als es meinen Freunden jenseits der schwarz-gelben Zollgrenze nötig erschien, so glaube ich doch auch für dessen guten Seiten manch' anerkennendes Wort gefunden zu haben. Ich stehe außerhalb der schwarz-weiß-roten resp. der blau-weiß-roten Grenzpfähle und glaube gerade deshalb unbeeinflusst von dem selbstverständlichen Konkurrenzkampf, unparteiischer zu sehen. Ich kenne nur das Bestreben, der Aëronautik als solcher zu nützen und suche daher die Fehler auf, nicht aus Freude am Kritisieren, sondern in dem Bestreben, aus ihnen zu lernen. Meine Devise lautet dabei: »Das Recht und die Wahrheit über alles.«

127) zu p. 233. Nochmals sei betont, dass mit Absicht kein eigenes bestimmtes Projekt meinen Lesern vorgeführt wurde. Vielleicht hätte ich als Resumé die hauptsächlichsten Punkte, auf welche es beim Bau von Ballons besonders ankommt, noch einmal in übersichtlicher Form rekapitulieren sollen. Wer aber dieses Buch genau durchstudiert, der wird selbst den roten Faden finden, der sich überall hindurchzieht und vielleicht angeregt durch die eine oder andere Bemerkung, unbeeinflußt durch Detailprojekte, eben seine eigenen Pfade wandeln.

Sollte ich einmal in die angenehme Lage versetzt werden, zum Bau eines lenkbaren Ballons Kapitalien zu erhalten, so würde ich mit voller Zuversicht auf ein gutes Gelingen die Arbeit dort fortsetzen können, wo ich sie heute beendigen musste. Gelingt die Aufgabe, so wird es dann an der Zeit sein, das große Publikum mit Projekten bekannt zu machen, deren Veröffentlichung heute schwerer zu rechtfertigen wäre. Es handelt sich hier in erster Linie um die Vorführung von Tatsachen.

128) zu p. 235. Hier noch einige ganz neue Projekte über lenkbare Luftballons.

Edward Joel (1895). Luftschiff mit in der Längsachse angeordnetem inneren rohrförmigen Gang mit radialen Verstärkungsrohren.

Alexander Schörke (1896). Lenkbares Luftschiff ohne Steuer. Die zwangläufig eingelagerte Triebwelle ist nach allen Punkten des entsprechenden Kugelabschnittes verstellbar.

Max Lochner (1897). Länglicher Ballon mit Gondel und Drachenfläche zwischen Gondel und Ballon und Schraube. Andere Ausführung: untere Seite des Ballons selbst als Tragfläche ausgebildet.

Fontana (1897). Aluminiumballonmodell, $d = 1,8$ m, $h = 4$ m, Platten 0,1 mm stark, wiegen pro 1 qm 0,28 kg. Platten werden gelötet. Ballon blieb Torso, wurde vor Vollendung durch Einbrecher zerstört.

Gaudron (1898) (Aëronaut-Ballonfabrikant in London). Fischförmiger Ballon, $l = 18{,}3$ m, $d = 8{,}5$ m, $V = 700$ cbm. Mit Leuchtgas gefüllt. Fischschwanzförmiges Segel als Steuer rückwärts. $N = 2$ P.S. Aluminiumschraube, $d = 2{,}4$ m.

Sibillot-Vernauchet (1898). Aéro-automobile-Aluminiumballon. Petroleummotor. Metallschraube, Horizontalschraube (p. 53).

Charles Edwin Hite (1898). Luftschiff mit Vorrichtung zur Erwärmung und zum Umlauf des Traggases. Doppelgehäuse im Tragkorb, in welchem eine Flügelschraube und mit dieser, sowie mit dem Ballon in Verbindung stehende, eine über einer Heizvorrichtung gelagerte Heizschlange untergebracht ist. Das Ballontraggas wird durch die Flügelschraube angesogen und in die Heizschlange gedrückt, in welcher es durch die Heizvorrichtung erwärmt wird. (D. R. P. Nr. 103503.)

Julius Rauber (1898): Durch Explosion von Wurfgeschossen vorwärts getriebenes Luftschiff (!).

Michl Heinrich und Franz Bielefeld (1898). Luftschiff mit einer zum Ballon um ihre senkrechte Achse drehbaren Gondel. Ballon unsymmetrisch gestaltet.

Rössler (1899). Keilförmiger Ballonkörper mit aus Aluminium bestehender, unten konkav eingebogener Segelfläche und je einem am vorderen und hinteren Keilende angeordneten Propellerpaar.

Leonce Girardot (1902). Stark länglicher Ballon mit Motor unter der Gondel. Vorne und rückwärts in der Ballonachse zwei zweiflügelige Schrauben. Gewichtsregulatoren.

Feroci (1902). Oberteil des Aërostat ist aus Metall und hat konisch-zylindrische Form, der untere Teil besteht aus Stoff. Der Ballon kann in den oberen Teil eingepackt werden und letzterer als Fallschirm dienen. Steuer aus Metall. Vier dreiflügelige Schrauben werden elektrisch betrieben. Eine Hubschraube über der Mitte des Ballons. Gondel flach und länglich aus Metall, oben mit Eisenblech gedeckt.

L'Hoste (1902). Ballon durch Querwände geteilt, damit das schädliche Schwanken des Gases hintangehalten wird. Die Querwände bestehen aus starkem Gerippe von drei konzentrischen Ringen aus Röhren, die durch mit Schrauben regulierbare Speichen fixiert sind. Ballonachse selbst ist ein steifer Träger. Zwei durch einen Laufsteg verbundene Gondeln vorhanden. $N = 30$ P.S. Zwei Schrauben, eine im Heck, die andere im Bug, vordere Schraube verstellbar. Stabilisator vorhanden.

Lambert (1902) in Sèvres. Länglicher Ballon von $l = 35{,}2$ m, $d = 10{,}0$ m, $V = 1527$ cbm, $N = 60$. Schraube: $d = 6$ m zweiflügelig und ist in der Tragballonachse befestigt, eine andere Schraube $d = 3$ m ist an der Spitze der Gondel angebracht.

Martinez-Diaz (1902). Zwei aneinandergekoppelte Ballons, in denen das Gas gegenseitig kommunizieren kann. Das Traggerüste ist mit Rädern versehen. Benzinmotor.



Carlos von Rostaing (1902). Die zylindrische, aus französischer Seide gefertigte Hülle mit beiderseits ogivalen, 7 m langen Spitzen ist 38 m lang und hat 7,6 m Durchmesser. Die Hubkraft des mit 1340 Kubikmeter gefüllten Ballons wird 1474 kg betragen. Auf der unteren, inneren Seite des Aërostaten ist ein Ballonet angebracht, zu dessen Herstellung 75 qm japanischer Seide von 160 Gramm Gewicht (pr. qm) erforderlich sind. Um den Äquator und an der unteren Seite des Ballons sind je 40 m lange Aluminiumröhren zur Versteifung der Hülle und zur Anbringung des Traggerüstes eingenäht. Zwei je 4,5 m im Durchmesser haltende Schrauben sind beiderseits des Deplacementschwerpunktes, also rechts und links der Mitte des Ballons, an einem Aluminiumröhrengerüste angebracht, mit welchem auch die Gondel fix verbunden ist. Zu diesem Zwecke gehen durch den Ballon in Abständen von 80 cm zwei 13 m lange und in Abständen von 12 m je zwei 7,6 m lange Aluminiumröhren. Die Gondel ist 3 m lang, 1 m hoch, 1 m breit und mit ihrem Boden 3 m vom Ballon entfernt. In ihr befindet sich ein Buchetmotor von 60 Pferdestärken mit vier Zylindern und Wasserkühlung. Das ganze Motorgewicht soll 320 kg nicht überschreiten, das heißt auf 1 Pferdestärke entfällt 5,3 kg Gewicht. Für die Wasserkühlung sind 30 kg Wasser und für das Betriebsmaterial 84 kg in Rechnung gesetzt. Hierbei wird eine Betriebsdauer von vier Stunden erwartet. Die anderen Gewichte setzen sich folgendermaßen zusammen: Hülle (785 qm Seide à 280 Gramm) 232 kg, Traggerüste 178 kg, Gondel 70 kg, zwei Schrauben 60 kg, Transmission 220 kg, Sand und kleinere Bestandteile 140 kg, zwei Luftschiffer 140 kg. Rostaing will mit seinem »Aeronave Brazil« benannten Ballon eine sekundliche Geschwindigkeit von 15,4 m, das ist 55 km in der Stunde, erreichen. Auffallend ist das Fehlen eines Steuers. Die Richtungsänderung des Aërostaten hofft Rostaing durch verschiedene Umlaufstouren je einer Schraube in besserer Weise als mit Plansteuerung zu erzielen.

Novi (1902). Von L. Godard gebaut $l = 27$ m, $d = 5$ m, $V = 385$ cbm. Ballonet, $V = 7$ cbm. Länglicher, mit Schraube getriebener Ballon.

Cuyer (1902). Modellballon, 44 Place de St. Germain de Prés. Paris. Form eines umgekehrten Fischbehälters. Verstellbar. Schrauben ziehen, drücken und steuern das Luftschiff. Der Hauptballon ist auf einem festen Rahmen montiert. Durch die Mitte läuft eine Stahlstange, an welcher die ganze Konstruktion, so zu sagen, schwingt. An jedem Ende sind Propeller von 32 Pferde starken Motoren angetrieben, die in einer unterhalb befindlichen Gondel angebracht sind. Die Gondel bleibt stets in derselben Lage, während sich die Aëroplanfläche nach Bedarf schief stellt. Zum Steigen oder Fallen soll »Wind« abgewartet werden.

Mawhood (1902). Aërostat von länglicher Form mit Aluminiumrohr, aus dem durch eine achtflügelige Schraube Luft angesaugt wird, wodurch der Ballon vorwärts fliegen soll.

Severo (1902). Länglicher Ballon. Pax. Hülle über die starre Längsachse des Ballons ausgebreitet und zwar derart, dass der Ballon das

Traggerüste schlitzförmig umschließt. Ist eines der interessantesten aëronautischen Bauwerke der Gegenwart. Der Einfluss der Automobilindustrie auf den der Ballonkonstruktion kommt in keinem modernen Ballon so augenscheinlich zum Ausdrucke, als bei der imposanten Ballongondel, welche aus Bambus-, Stahl- und Aluminiumrohren zusammengesetzt ist und die Form eines auf seine schmale Basis gestellten Trapezes hat. Ihre Dimensionen betragen oben 30, unten 15 m Länge mit 9, resp. 6 m Seiten. Die obere Basis dieses Trapezes, dessen beide parallele Seiten etwa 9 m voneinander entfernt sind, bildet auch die Achse des Tragballons; dieser ist derart um die Gerüstformation gestülpt, dass sich ein großer mit Stoff ausgefüllter Schlitz um die aus der Gondel hoch aufragenden Tragsäulen angliedert, während der Ballon in entleertem Zustande schlaff über das Gerüste herabhängt, im vollen aber sich aufbläht.

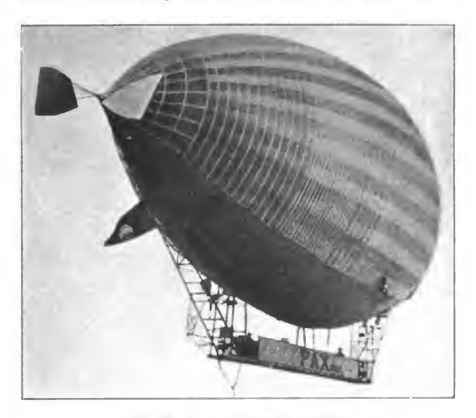


Fig. 82. Severo's Ballon »Pax«.

Durch das nach allen Seiten sich gleichmäßig ausdehnende Gas erhält der Ballon eine pralle Form. An der rückwärtigen Spitze ist eine zweiflügelige, 6 m im Durchmesser haltende Luftschraube, welche die eigentliche Propulsionsarbeit zu leisten hat, angebracht. An der oberen, vorderen Gondelspitze — also ebenfalls in der Ballonachse — ist eine 4 m Durchmesser aufweisende Schraube, welcher die »Luftverdrängungsarbeit« obliegt, und im rückwärtigen Teile der Gondel ist eine »Kompensationsschraube« von 3 m Durchmesser angebracht. In der Gondelbasis arbeiten je ein 16 und 24 Pferde starker Buchet-Motor.

Die Hülle des Ballons fasste 2400 Kubikmeter; konnte aber, trotzdem sie mit Wasserstoffgas gefüllt wurde, infolge ihrer eigentümlichen Aufhängungsweise nur 2000 kg Hubkraft liefern.

Zu seiner Umgebung äußerte sich Severo, er meine, weder Renard noch Santos Dumont befänden sich auf dem richtigen Wege zur Lösung des Problems. Dumont's Ballonhülle wäre gleich dem Ballon von Renard-Krebs stärkerer Beanspruchung nicht gewachsen, weil es ihnen an der erforderlichen inneren Versteifung mangelte. Diese hat nun allerdings Severo erzielt, aber dafür die Hülle in einer Art und Weise beansprucht, welcher sie auf anderer Seite nicht gewachsen war. Wir wissen, dass der Ballon sich nach seiner ersten Füllung als zu wenig tragfähig erwiesen hatte, er wurde daraufhin in der Mitte auseinander geschnitten und ein vier Meter langes Stück eingesetzt. Solche später durchgeführte Ergänzungen bergen, wie die Erfahrung wenigstens bei der Luftschiffahrt lehrt, stets Gefahren in sich, weil in der Regel gelegentlich dieser Rekonstruktionen das eine oder das andere Detail nicht berücksichtigt wird. Eine besondere Fürsorge bildete die eigentümliche und ganz neue Steuerung. Bisher wurden »lenkbare Ballons« stets mit Hilfe von vertikalen Steuern und von Zeppelin auch mit Hilfe eines Horizontalsteuers gelenkt. Die erstere Art ist bei Wasserschiffen zur Genüge ausgeprobt und die letztere hat sich bei Zeppelin bewährt. Dumont hat allerdings schlechte Erfahrungen mit Vertikalsteuern gemacht, aber das ist auf Konto unrichtiger Anwendung derselben zu schreiben. Dies war der Grund für Severo, eine neue Methode der Steuerung zu erfinden, von der er sich so viel Erfolg versprach. Er brachte zu diesem Zwecke zwei Schraubenpaare mit horizontalen Achsen etwas oberhalb des unteren, vorderen und rückwärtigen Teiles der Ballongondel an, welche nach Art der Ventilatoren Luft ansaugen, respektive abstoßen und damit die Ballonspitze nach rechts oder nach links dirigieren sollten. Dieser Mechanismus komplizierte die Maschinerie ganz erheblich und machte eine Reihe von Handgriffen erforderlich, welche die Aëronauten von ihrer eigentlichen Aufgabe unnötigerweise ablenkten. Auch wird berichtet, dass das Luftschiff der Steuerung nur schwer gehorchte.

Aus der Figur 83 ist der Bau des Ballontraggerüstes sehr deutlich zu ersehen. Auch die Lage der Steuerschrauben ist daraus zu entnehmen. Die beiden Motoren lagern in den beiden Enden des Traggerüstes und sollen sich von dem Sicherheitsventile der Hülle nur etwa 1 Meter entfernt befunden haben. Wie bekannt, stieg nach zwei Vorversuchen am 12. Mai 1902 Severo mit dem Maschinisten Saché um 5 Uhr 30 Min. früh von Paris aus auf, manövrierte etwa eine Viertelstunde lang in der Luft, erhob sich dann relativ schnell auf 3—400 Meter, wobei sich das Gas sehr stark ausdehnte und schnell aus dem Sicherheitsventile entwich. Es bildete sich Knallgas, welches sich offenbar auch in dem verhängnisvollen Schlitze aufbewahrt hatte, und entzündete sich aus einer bisher noch unbekannten Ursache. Eine furchtbare Explosion war die Folge, die Hülle fing zu brennen an und pfeilschnell schoss der schöne Ballon, vor kurzem noch der Stolz, die Freude und die Hoffnung Severo's, auf die Rue de la Maine herab, wo er und seine Passagiere zerschmetterten. Woraus die Flamme oder der gefährliche Funke, der Severo's Verhängnis wurde,

kam, wer soll das heute mit Bestimmtheit sagen? Vielleicht könnten dies Severo oder sein Begleiter, wenn sie der Katastrophe entronnen wären, selbst nicht angeben. Severo beabsichtigte, um den Motor ein Drahtnetz zu geben, ähnlich wie ein solches bei Grubenanlagen vorhanden ist. Im Drange der Arbeit unterließ er dies, vielleicht würde es auch den Ballon zu sehr beschwert haben.

Eine recht plausible Erklärung versucht die »Allgemeine Sportzeitung« in ihrer Nummer vom 24. Mai 1902. Sie schreibt u. a.:

»Dieselbe liegt in den sogenannten »falschen Explosionen«, welche bei Gas- oder Benzinmotoren einzutreten pflegen und sich wohl nicht verhindern lassen. Eine »falsche Explosion« entsteht dadurch, dass das im Motorzylinder komprimierte Gas — sogenanntes Arbeitsgemisch — sei es durch eine verspätete oder überhaupt unterbliebene (elektrische) Zündung



Fig. 83. Das Ballongerüste von Severo's Ballon.

nicht rechtzeitig zur Explosion und dadurch zum Arbeiten gebracht wird, sondern ganz oder zum Teile unverbrannt in den sogenannten Auspufftopf, auch Schalldämpfer genannt, entweicht, um dort in die atmosphärische Luft ungehindert auszutreten.

»Solche falsche Explosionen machen sich nun, wie Automobilisten und häufig auch Passanten wissen, durch einen sehr starken, aber ungefährlichen Krach bemerkbar. In der Nacht sieht man auch manchmal bei dieser Gelegenheit beim Auspuffrohr eine mäßige Flamme herausschießen, die man bei Tageslicht kaum bemerkt. An einer solchen Flamme nun dürfte sich das aus dem Ballon ausströmende Wasserstoffgas entzündet

haben; hierdurch wurde der Ballon in Flammen gesetzt und durch die Explosionsflammen dürften die Metallteile beim Benzinreservoir angeschmolzen oder, wie der zitierte Artikel besagt »karbonisiert« worden sein. Dass durch die furchtbare Gewalt einer derartig mächtigen Explosion auch das Benzinreservoir zertrümmert wurde, liegt auf der Hand.«

Bei den Ballons von Santos Dumont, deren Hüllen auch zu wiederholten Malen in der Luft geplatzt waren, formten diese sich zu einem Fallschirm und retteten dann stets den kühnen Luftschiffer. Anders verhielt sich die Sache bei Severo. Durch die Explosion wurde vermutlich die Hülle und damit der Fallschirm ganz auseinandergerissen und die 2400 Kilogramm schwere Masse fiel wie ein Stein auf die Erde. Severo teilte das Geschick mit Dr. Wölfert und Knabe.

Außerordentlich schön haben sich bei dieser traurigen Gelegenheit die Freunde Severo's und das brasilianische Parlament benommen. Letzteres versorgte die betagten Eltern des Fahrt- und Leidensgenossen Severo's Saché mit 25000 Fr. und entsandte eine Kommission von Ingenieuren, welche den »Pax« in verbesserter Form neu erstehen lassen sollen.

Für diese edle That hat sich Brasilien, das Vaterland Severo's, ein neues und dauerndes Lorbeerblatt in der Geschichte der Civilisation und der Luftschiffahrt gesichert.

Wie der Velo berichtet, soll der »Pax Nr. 2« nach denselben fundamentalen Prinzipien, nach welchen der Pax Nr. 1 erbaut wurde, konstruiert werden, aber einen elektrischen Motor erhalten, ferner soll das Bambusgerüste durch Aluminiumröhren ersetzt werden.

Dr. Barton's Kriegsballon (1902). Der englische Erfinder Dr. F. A. Barton ist mit der Konstruktion einer lenkbaren Flugmaschine beschäftigt, welche für das englische Kriegsministerium bestimmt ist. Barton hat schon vor 20 Jahren mit einem lenkbaren Ballon experimentirt, der der Type VI von Santos Dumont glich, doch gab er diese Versuche auf, nachdem er sich von der Unmöglichkeit überzeugt hatte, ein Luftschiff in dieser Gestalt stabil zu konstruieren, auch waren damals alle durch die Automobilindustrie auf dem Gebiete der Motoren hervorgerufenen Verbesserungen noch unbekannt. Er kam nun zur Überzeugung, dass ein Aërodrom, d. h. ein aus verschiedenen Aëroplanen (Tragflächen) zusammengesetztes Luftschiff am brauchbarsten sei. Bei den angestellten Experimenten aber zeigte sich ebenfalls ein Mangel an Stabilität, indem die Maschine bei plötzlichem Luftdruckwechsel sich entweder hob oder unvermittelt senkte. So entwarf Barton im Jahre 1898 ein Luftschiff, welches beide Systeme vereinigte, indem er zwischen dem Ballon und der Gondel Aëroplane anbrachte.

Das Luftschiff hat Zigarrenform, $l = 54{,}8$ m, $d = 12{,}5$ m, $V = 4{,}400$ cbm.

Der Ballon ist aus bester japanischer Seide gefertigt und enthält drei nicht gespannte, sondern lose Abteilungen. Unter gewöhnlichen Umständen werden die vordere und die hintere Abteilung geschlossen sein. Wenn der Druck in einer Abteilung zu groß ist, wird eine separate Einrichtung

dem Aëronauten erlauben, Gas auszulassen. Im Innern des Hauptteiles befindet sich ein mit Luft gefülltes Ballonet, welches 1200 cbm Luft enthält. Wenn sich das Luftschiff vom Boden erhebt, wird das Gas in den Abteilungen ausgedehnt, die Luft entweicht dadurch aus dem Ballonet und ersetzt sich durch Gas aus der Hauptabteilung. Über dem ganzen Ballon befindet sich ein Hemd aus japanischer Seide, in welches fünf Bambusstreifen eingenäht sind. Auch in die Hülle sind Bambusstreifen zur Versteifung strahlenförmig eingesetzt. Unter dem Ballon ist ein Rahmen angebracht. Dieser Rahmen repräsentiert sich uns als ein leichtes und festes Gerüste, an welches die Aëroplane, Ruder und Gondel befestigt sind. Drei Lagen dieser beweglichen Aëroplane, jeder 1,60 m lang, 11 m breit, sind vorne, in der Mitte und rückwärts zu dem Zwecke angebracht, um mit ihnen das Luftschiff in der Vertikalen ohne Ballastopfer bewegen zu können.

Seitlich der Gondel befinden sich sechs Schrauben paarweise in verschiedenen Höhen angebracht, damit sie sich nicht gegenseitig in ihrer Wirkung beeinträchtigen. Jede Schraube besteht aus sechs Flügeln, welche derart angeordnet sind, dass je drei Flügel in gewissen Zwischenräumen hintereinander stehen. Sie sind 5,2 m lang, 0,75 m breit; das Gewicht jeder Schraube beträgt etwa 45 kg. Sie machen 250 Umdrehungen in der Minute. Jede Schraube wird von einem 45 Pferde starken Motor angetrieben. Die Petroleummotoren sind dieselben wie die von Santos Dumont benutzten, nämlich Buchet-Motoren. Jeder dieser Motoren wiegt 150 kg. Am obersten Teil des Rahmens, über den vordereren Schrauben befinden sich mit Baumwollstoff überdeckte Stahlröhren, um den Ballon vor einer Berührung mit den Schrauben zu schützen.

Die Gondel, welche an dem Aëroplanrahmen hängt, wird aus Nickelstahl konstruiert, ist 31,7 m lang und mit Ausnahme der Plattformen für die Motoren und Räder 0,75 m breit. Die Plattformen haben eine Breite von 1,65 m. An den Seiten sind 36 Petroleumtanks angeordnet und an jedem Schiffsende fünfzig Gallonen Wasser haltende Behältnisse angebracht. Sie sind nur halb gefüllt und durch dazwischen laufende Pumpen in beständiger Zirkulation erhalten. Vor dem Steuermann ist ein Pendel, welches hin und her schwingt, wenn das Schiff aus der horizontalen Lage gerät. Durch ein entsprechendes Regulieren der Pendelschwingungen will der Konstrukteur ein Überfließen des Wassers von einer Seite nach der anderen, je nachdem das Schiff sich aufwärts oder abwärts mit seinem Vorder- oder Hinterteile neigt, erzielen, und damit die longitudinale Stabilität erhalten.

Barton erwartet von seinem Luftschiff eine Geschwindigkeit von 32 km per Stunde.

Zum Schlusse dieser Aufzählung über lenkbare Ballons verweise ich noch auf die Projekte, einen über das Meer fahrenden Fesselballon lenkbar zu machen. Im Wasser schwimmend, ist ein Derivateur eingetaucht,

der die Verbindung mit der Erde herstellt und ein Höhersteigen des Ballons verhindern soll. Eine Hubschraube vermag den Ballon zu heben, ein »Cône-ancre« ihn nach Bedarf zu senken und ein verstellbares Segel gestattet eine Ablenkung der Fahrt von der Richtung des herrschenden Windes um 50—60°.



Fig. 84. Lenkbarer Ballon mit Cône-ancre, Derivateur, Hubschraube u. verstellbarem Segel.

Wir befinden uns gegenwärtig in einer Periode, wo sehr viel in »lenkbaren Ballons« gearbeitet wird, leider zum größten Teil mit ganz unzulänglichen technischen Mitteln. Die Projekte sprießen nur so aus dem Boden heraus, ganz ähnlich wie zur Zeit der ersten praktischen Verwertung des Luftballons durch die Gebrüder Montgolfier, die ich als die eigentlichen Erfinder des Luftballons betrachte, wenngleich es mir vollkommen bekannt ist, dass schon früher der Jesuitenpater Bartholomeu Lourenço de Gusmão, wie Moedebeck im 12. Bande der »Zeitschrift für Luftschiffahrt« p. 1—10 ausführt, einen Ballon bis an die Decke des Gesandtschaftsaales der Casa da India steigen ließ. Die Chinesen sollen ja noch früher den Luftballon zu Festlichkeiten verwendet haben.

Hoffentlich trägt das vorliegende Buch etwas zur Klärung der Frage über lenkbare Ballons bei und werden sich dann die Projekte in vernünftigeren Bahnen bewegen, als jene sind, die sie zum Teil heute wandeln.

129) zu p. 242. Aus dem beigefügten Litteraturverzeichnis kann entnommen werden, wo nähere Daten über diese Ballons zu finden sind. Einen großen Teil wird man besprochen finden: Im l'Aéronaute, l'Aérophile, Tissandier »La navigation aérienne«, Tissandier »Histoire des Ballons«, Moedebeck »Handbuch der Luftschiffahrt«, Illustrierte aëronautische Mitteilungen. Neues Wiener Abendblatt (Sportrubrik unter Aëronautik). Im Velo, l'Auto-Velo (zwei Pariser täglich erscheinende Sportblätter), Allgemeine Sportzeitung von Victor Silber (unter Luftschiffahrt in der Sonntagsnummer), in Aëronautics von Patrik Alexander, in der »Zeitschrift für Luftschiffahrt« etc. etc. und in den Brochüren der diversen »Erfinder«.

129a) zu p. 243. Es finden sich daselbst vom Ballon Zeppelin Daten über das Gerippe, über die Schrauben, über die Geschwindigkeit, Steuervorichtungen, Hüllen, Ventile und Balastvorrichtungen, Füllungen und Aufstiege. Ich entnehme daraus: Die Spitzen des Ballons waren Rotationsellipsoïde. Material der Profile war Chrom-Aluminium nach dem Verfahren

von Kommerzienrat Karl Berg in Lüdenscheid. Interessant ist nachfolgende Stelle aus der Besprechung des Gerippes (p. 9). Kübler schreibt daselbst: »Die Beanspruchungen, welche während der Verbindung des Fahrzeuges mit der Erde auftreten, sind unberechenbar. Die hohen Festigkeitsgrade, welche gegenüber den Beanspruchungen während des Fluges angenommen worden sind, lassen mit Sicherheit erwarten, der Bau werde den Beanspruchungen beim Landen und der Fesselung in mäßigem Winde (stets gegen den Wind, so dass nur die Fahrzeugsspitze den Druck aufnimmt) gewachsen sein.

»Ausgedehntere theoretische Untersuchungen über die Beanspruchung der einzelnen Teile und deren Dimensionen bei geringstem Materialaufwand dürften insofern nur theoretischen Wert haben, als für die praktische Ausführung eines Fahrzeuges, über dessen zweckmäßigste Konstruktion und dessen Verhalten im Betriebe keinerlei Erfahrungen vorliegen, wenig angezeigt erscheinen dürfte, die Zahl der zur Verwendung kommenden Profile unnötig zu vermehren und damit die Montierung zu erschweren.«

Zu diesen Stellen bemerkt Dr. Emden:

»Der Verfasser streift hier in möglichster Kürze einen wunden Punkt. Einerseits erklärt er die Beanspruchung des Fahrzeuges mit dem Boden bei der Landung für unberechenbar, andererseits erwartet er mit Sicherheit, das Fahrzeug werde derselben mit Rücksicht auf die hohen Festigkeitsgrade, die er für den Flug angenommen (nicht berechnet) hat, gewachsen sein. Ausgedehnteren Untersuchungen in dieser Hinsicht und über die Beanspruchung einzelner Teile spricht er nur theoretisches Interesse zu. Aber gerade mit Rücksicht auf die praktische Verwendung des Fahrzeuges wären einige theoretische Untersuchungen angezeigt und möglich gewesen. Vor allem die Hauptfrage: Bis zu welchem Grade darf Gas aus dem Fahrzeuge entwichen sein, damit dasselbe, auf seine beiden Gondeln gestellt, sich nicht zu sehr durchbiegt. Überhaupt macht die Konstruktion des Fahrzeuges mehr den Eindruck einer sehr geschickten Konstruktion nach Gefühl als auf Grund theoretischer Berechnung, soweit dieselbe in diesem ungewöhnlichen Falle noch möglich war.«

Die Gondeln waren mittelst Aluminiumröhren (50/46) aufgehängt. Jeder Motor leistete 14,7 P S. bei $n = 680$; sein Gewicht betrug ohne Kühlwasser 385 kg incl. Schwungrad, d. i. 26 kg p. PS.

Die Kühlung des für jeden Motor nötigen Kühlwassers erfolgt in einer ca. 50 m langen, aus Aluminiumröhren von 28 mm l. W. und 1 mm Wandstärke hergestellten Rohrleitung, auf welche zwecks Vergrößerung der Ausstrahlungsoberfläche pro m Länge ca. 88 Aluminiumrippen von 82 mm äußeren Durchmesser aufgesteckt sind. Diese so erhaltene kühlende Oberfläche beträgt ca. 27 qm, während die Rohrleitung, Motor und Zwischentopf ca. 50 Liter Wasser halten. Eine am Motor angebrachte kleine Zentrifugalpumpe bewirkt den Kreislauf des Wassers. Ein- und Rückleitung sind senkrecht unter einem der unteren Längsträger aufgehängt. Auf der verlängerten Motorwelle ist ein dem in der Z. d. V. deutsch. Ing. 1898, S. 4 u. 5



beschriebenen, nachgebildetes Wechselgetriebe angeordnet, bei dessen Herstellung möglichst viel Aluminium verwendet wurde: die großen Zahnräder sind vollständig aus Aluminiumguss; die Zähne aus dem Vollen geschnitten; die kleinen aus Rohhaut zwischen Aluminiumplatten, nur Keile, Verschiebungsmuffen, Spannringe und Futter sind aus Bronze, resp. Stahl, alle übrigen Teile aus Aluminium. Die Verwendung von Aluminium auf Rohhaut bei diesen Zahnrädern hat sich bei den vorkommenden hohen Tourenzahlen ganz gut bewährt; das Geräusch ist verhältnismäßig gering, die Abnutzung trotz vielfachen Gebrauches kaum zu bemerken, wie denn die Beanspruchungen im Interesse der Betriebssicherheit sehr klein gehalten sind.

Die inneren Hüllen, Gashüllen, sind genau der Form der Abteilungen angepasst und mit den erforderlichen Öffnungen und Ansätzen für die Manövrier- und Sicherheitsventile, Ansatz zur Entnahme von Gasproben und den Ösen zur Befestigung der Aufziehtaue versehen. Zu ihrer Herstellung ist gummierter Baumwollstoff verwendet, welcher noch durch ein besonderes Verfahren mit Ballonin — ein Präparat aus Benzol, Guttapercha etc. — mittels eigener Maschinen imprägniert und dadurch noch dichter gemacht wurde. Die einzelnen Bahnen sind nur durch Kleben verbunden und zwar mit 3 cm breiter Überlappung und Deckstreifen auf der Innenseite. Das Gewicht des mercerisierten (durch Lauge eingeschrumpften) Rohstoffes beträgt 80 gr pro qm.

Das Gewicht der Gummischicht in der oberen Hälfte . .	80	gr	pro	qm
» » » » » unteren » . . .	60	»	»	»
» » » Balloninschicht	5	»	»	»
» » » Zuschlag für Überlappen, Deckstreifen .	5	»	»	»
Das Gesamtgewicht des fertigen Stoffes	150—170	gr	pro	qm.

Im ganzen waren für die Gashüllen incl. Abfall ca. 8000 qm Ballonstoff (wirkliche Oberfläche 7200 qm) anzufertigen, welche innerhalb 8 Wochen gummiert, mit Ballonin imprägniert und zu fertigen Hüllen verarbeitet wurden. Der durchschnittliche Auftriebverlust pro Tag wird für die beste Hülle bei 97 % Füllung mit 187 kg, oder pro qm Oberfläche mit 38,6 g in 24 Stunden angegeben.

Bei 7200 qm Oberfläche, gleichmäßige Teilnahme derselben an der Diffusion vorausgesetzt, wäre der tägliche Verlust an Auftrieb ca. 278 kg, d. h. der Ballast von 1250 kg hätte bei gleich guten Hüllen nicht ganz 4,5 Tage zum Ausgleich dieses Verlustes, sofern kein Benzin verbraucht würde, ausgereicht.

Bereits im Kober'schen Entwurf war zum Schutz der Gashüllen gegen direkte Sonnenbestrahlung, Regen und Schnee eine äußere wasserdichte, glatte weiße Hülle vorgesehen. Für jedes Fahrzeug mit steifem Gerippe, innerhalb dessen die Gashüllen liegen, ist nicht nur zum Schutz des Gerippes vor den Einflüssen der Atmosphäre eine Deckhülle nötig, sondern vor allem zur Vermeidung des bei freiliegendem Gerippe sich ergebenden

bedeutenden Luftwiderstandes. Bei der hier angewandten Gitterträgerkonstruktion entsteht zwischen der äußeren und inneren Hülle ein rings um die Gashüllen in gleichmäßiger Größe sich erstreckender Luftraum, der als Ventilationsraum und Isolierschicht erhebliche Vorteile bietet und in der Tat sich auch gut bewährt hat.

Nachstehend sind die Gewichte nach dem Kübler'schen Berichte wiedergegeben; auf p. 44 meines Buches sind einige aus derselben Quelle stammende Daten, welche jetzt ergänzt, resp. rectifiziert werden angeführt:

1)	Gerippe mit Netzen	4650	kg
2)	2 Gondeln (leer) mit Aufhängung und Maschinenfundament	660	»
3)	2 Motoren mit Schwungrad	840	»
4)	2 Wendegetriebe mit Welle, 4 Zahnrädern, Lagertraverse	220	»
5)	Stütze der Vorgelege	80	»
6)	Umsteuerung, schiefe Wellenzwischenlager, obere konische Räder-Armlager, Lager-Propellerwellen und Propeller . .	350	»
7)	Kühlapparat mit Wasser, Benzintank und Benzinvorrat für 10 Stunden, Instrumente, Werkzeug und Schmiermaterial	480	»
8)	Steuer: vorderes, hinteres, horizontales, je mit Antrieb .	95	»
9)	Laufgang	230	»
10)	Laufgewicht mit Winde und Zugseil	175	»
11)	Hüllen: innere und äußere	1920	»
12)	Manövrier- und Sicherheitsventile	85	»
13)	5 Mann Besatzung	400	»
14)	Ballastsäcke mit Zugvorrichtungen	15	»
	Total . .	10200	kg

Der Schwerpunkt des ganzen Systems liegt bei einer Ballastmenge von $B = 1000$ kg 2,945 m unter der Längsachse, mit $B = 0$ würde er 30 cm höher liegen.

Das Widerstandszentrum wurde 1,9 m unter der Längsachse liegend berechnet, die Schraubenachsen jedoch 2,0 m unter derselben angeordnet. Bei der Unbestimmtheit des Reduktionskoëffizienten der einzelnen Widerstandsflächen lässt sich deren Anteil an dem Gesamtreduktionskoëffizienten nicht bestimmt angeben und damit auch nicht die genaue Lage des Widerstandscentrums berechnen.

Zur Füllung der Gashüllen wurde Wasserstoffgas von einer Reinheit von 98 bis 99 % verwendet, das in Stahlflaschen auf 150 Atmosphären komprimiert von der chemischen Fabrik Griesheim-Elektron in Frankfurt a. M. geliefert wurde. Für Füllung und etwaige Nachfüllung waren 2600 Stahlflaschen à 36 Liter Inhalt, entsprechend 5,2 cbm expandierten Gases, vorhanden. (S. p. 37.)

129b) zu p. 244. Fährt man in einem Ballon mit versteiftem Gerippe auf, so muss man stets auch den Fall des Reißens einer Hülle vor Augen haben. Dann muss die Hülle sich aufblähen und als Fallschirm wirken können. Sie soll nicht mit mehr als im Maximum mit 8—10 kg pro qm belastet erscheinen, damit der Fall nicht zu rapid wird.

Aus der Formel:

$$R = \frac{\gamma}{g} \cdot F v^2 = G \text{ folgt:}$$

$$v = \sqrt{\frac{g}{\gamma} \cdot \frac{G}{F}} \doteq 3 \sqrt{\frac{G}{F}} \gtrless 10,$$

$$G \doteq 11\, F.$$

Man hat also bei gegebenem Gewichte der Konstruktion einen Maßstab für die Größe der Fläche. Diese Fallschirmfläche bildet die zerrissene Ballonhülle selbst automatisch.

Die Verfolgung dieses Gedankens ist sehr interessant und gibt beherzigenswerte Fingerzeige für die Konstruktion des Ballontraggerüstes. Der Luftschiffkonstrukteur muss unter allen Umständen darauf bedacht sein, dass ein Versagen des einen oder anderen Mechanismus nicht eine Katastrophe nach sich zieht. Er muss daher auch die Gewichtsverteilung von diesem Standpunkte aus in Erwägung ziehen.

129c) zu p. 245. Es entfallen somit rund 5 kg pro 1 qm Fallschirmfläche.

130) zu p. 245. Im Märzhefte des L'Aérophile auf p. 65—72 finden sich über das Luftschiff von Rozé ergänzende Daten und sechs recht gute Abbildungen.

Rozé ging beim Bau seines Ballons von folgenden Gesichtspunkten aus:

1. Der Ballon muss ein wenig schwerer als die ihn umgebende Luft sein und zwar nur soviel, dass eine kleine Gewichtsverminderung — sei sie durch den Effekt von Hubschrauben oder durch ein anderes System hervorgerufen — genügt, um ihn zum Steigen oder Fallen zu bringen.

2. Dass die von den Schrauben hervorgerufene Antriebskraft im Systemschwerpunkte angreift.

3. Dass das Gas sich bei den verschiedenen Stellungen des Ballons nicht von einem Ende zum anderen Ende des Aërostaten bewegen könne.

4. Dass der Aërostat über dem Lande oder über dem Meere landen könne, im Falle ein Defekt an der Maschine ihn dazu veranlassen und jederzeit von dort aus sich wieder erheben könne.

5. Dass alle Abstiege nur mit Hilfe von Aëroplanen zu bewerkstelligen seien.

6. Dass die Sicherheit und die Bequemlichkeit des Reisens die gleiche, wie bei dem Reisen auf dem Lande oder auf dem Meere sei.

Der auf p. 243—245 stehenden Beschreibung wäre noch beizufügen: Vier horizontale Steuer unterstützen den Flug in gerader Richtung. Ist eine bestimmte Fluggeschwindigkeit erreicht, so wirken die Flächen als Aëroplane, während die Hubschrauben wie beim Auf- und Abstieg in Aktion treten. Landet der Ballon am Wasser, so schwimmt er auf der wasserdicht gemachten Hülle. Die Gondel befindet sich in diesem Falle noch 70 cm über dem Wasserhorizonte.

Gelegentlich der Aufstiege am 5. und 6. September 1901 erhob sich der Doppelballon zu einer Höhe von 15 Meter und führte dabei etwa

200 kg Ballast mit sich. Rozé stieg aber nicht höher, weil er wahrnahm, dass der Ballon nicht equilibriert war und er sich mit Recht nicht einer Katastrophe aussetzen wollte. Rozé behauptet, es sei durch das Experiment erwiesen, dass er sich in seinen Berechnungen nicht geirrt habe, nur sei der Lack, womit die Seide luftdicht gemacht wurde, zu schwer gewesen. Die Hüllen wogen 1350 kg. Rozé beabsichtigt die Hüllen durch andere von nur 640 kg Gewicht zu ersetzen. Er hofft auf diese Art 700 kg Steigkraft zu erzielen und außer dem Mechaniker vier Personen und 300 kg Sandballast hochzunehmen. Es wäre auch zu bedenken, dass das Traggas schon vier Tage eingefüllt war und per Kubikmeter 150 Gramm verlor, wie Rozé berichtet.

So sehr ich die Zuversicht des Konstrukteurs, welcher noch diesen Sommer seine Versuche wiederholen will, begreiflich finde, so möchte ich nur auf den einen Punkt aufmerksam machen, dass es bedenklich erscheint, mit schwachen Hüllen zu manövrieren. Schwache Hüllen werden leicht zu schwach und reißt eine Hülle, so ist eine totale Schiefstellung des Ballons die notwendige Folge davon und eine Wiederholung von Severo's Missgeschick möglich. Man spare daher nicht an der Festigkeit, sondern bemesse sie reichlich. Wir haben auf dem Gebiete der Luftschiffahrt schon genug Unglücksfälle zu verzeichnen und alle Ursache, nicht leichtfertig zu sein. So interessant es wäre, sowohl Rozé's als auch Severo's und viele der oben angeführten Ballons kritisch zu besprechen, so muss doch davon abgesehen werden, weil zur Zeit noch zu wenig verlässliche Daten vorliegen, welche ein unparteiisches Urteil ermöglichen.

Will der einzelne Konstrukteur der Allgemeinheit nützen, so veröffentliche er eine tunlichst vollständige Beschreibung seines Luftfahrzeuges, damit wir aus ihm lernen können. In dieser Hinsicht verdanken wir Zeppelin sehr viel.

131) zu p. 246. Nach den neuesten Publikationen von Kübler ergeben sich die Ballongewichte vom Ballon Zeppelin daher etwa folgendermaßen:

Absolute Gewichte:

Gewicht aller Hüllen und Zubehör	6640 kg
» » Gondeln » »	1160 »
» » Motoren » »	2200 »
Nutzlastgewicht	1500 »
Totalgewicht	11500 kg

An prozentuellen Gewichten ergibt dies:

Hüllengewicht in % des Gesamtgewichtes . . .	57,7 %
Gondelgewicht » » » »	10,0 »
Motorengewicht » » » »	19,1 »
Nutzlast » » » »	13,2 »



Somit: die relativen Ballongewichte bei $V = 12000$ cbm angenommen:

das relative Ballon-Hüllen	-Gewicht	. . . .	0,553 kg
» » » -Motoren	- »	. . . .	0,183 »
» » » -Traggerüst	- »	. . . .	0,097 »
» » » -Nutzlast	- »	. . . .	0,125 »
» » » -Gesamt	- »	. . . .	0,958 »

Auf p. 12 soll es beim relativen Ballonhüllengewicht bei Zeppelin statt 5,554 heißen: 0,5554.

Wie man sieht, hat Zeppelin für die Ballonhülle ganz unverhältnismäßig viel, für die Energiemenge seines Luftschiffes dagegen sehr wenig Gewicht konsumiert. Die Nutzlast ist ganz normal, das Traggerüste dagegen sehr wenig am Gewichtsbedarf beteiligt. Ich glaube recht gethan zu haben, wenn ich die Aluminiumgitterkonstruktion zum Hüllengewichte rechnete und nicht zum Traggerüste. Über diesen Punkt kann man im übrigen verschiedener Ansicht sein.

132 zu p. 258. Einer Annonce im L'Aérophile ist zu entnehmen, dass Zeppelin sein Patent verkaufen will.

133) zu p. 259. Die wichtigsten Gesetze über den Luftwiderstand findet man, soweit sie den Ballon- und Flugtechniker interessieren, in meiner Brochüre: »Das Loessl'sche Luftwiderstandsgesetz und dessen Anwendung in der Flugtechnik« (Sonderabdruck aus den »Technischen Blättern«, Vierteljahrszeitschrift des deutschen polytechnischen Vereines von Böhmen, XXXI. Jahrgang, I. Heft) und in meinem Beitrag zu Moedebeck's »Taschenbuch für Flugtechniker und Luftschiffer« (im Verlag bei Kühl, Berlin, Jägerstraße 72) zusammengestellt.

133[a]) zu p. 259. Die Summe der projizierten Schraubenkreisflächen müssen in einem gewissen Verhältnis zur größten Ballonquerschnittsfläche stehen. In welchem, bin ich gegenwärtig nicht in der Lage anzugeben. Das wird Sache eingehender Versuche sein. Diese Versuche denke ich mir etwa folgendermaßen durchgeführt: Man wählt eine bestimmte Schraubenform und Fläche und variiert in erster Linie den Durchmesser. Auf diese Art probiert man empirisch 4—5 Schrauben von verschiedenen Durchmessern bei gleicher Motorleistung aus. So wird man sehr bald entsprechende Anhaltspunkte für die Wahl der Schraubenelemente gewinnen. So einfach diese Versuche sind, so zeitraubend und mühevoll sind sie andererseits und kosten dadurch wieder ziemlich viel Geld. Sie müssen aber endlich einmal systematisch und konsequent durchgeführt werden. Gute Schrauben sind eines der Hauptbestandteile eines brauchbaren lenkbaren Ballons und sind daher sehr eingehend zu erproben.

133[b]) zu p. 259. Siehe Notiz 119[a]) zu p. 220. Ich halte derzeit Magnalium für das beste Material für Luftschraubenflügel.

An ein Warmlaufen der Flügel glaube ich nicht, weil die Luft selbst genügend kühlt.

In Frankreich wird ein neues leichtes und dabei festes Material erzeugt, das Pertinium. Paris, Rue Ampére, Pateaux Seine. Nähere Daten darüber fehlen bisher.

133[c]) zu p. 262. Das Aufsteigen eines stabilen Ballons ist eine Arbeitsleistung. Sie wird durch die Differenz des spezifischen Gewichts der atmosphärischen Luft gegenüber des in der Ballonhülle vorhandenen Gases hervorgerufen.

Für den Fall des Gleichgewichtszustandes, das ist also jenes Momentes, wo das Aufsteigen infolge des Auftriebes allein aufhört, der Ballon also schwebt, gilt die Gleichung:

$$V(\gamma_0 - \gamma_1) = G, \text{ das heißt:}$$

$$\frac{G}{V} = (\gamma_0 - \gamma_1) = C,$$

Angenommen 1 cbm Luft wiege. . . . . 1,2 kg
1 » Wasserstoffgas wiege 0,1 »
so ist $(\gamma_0 - \gamma_1) = 1{,}1$ kg

Es ist dann $\frac{G}{V} = 1{,}1$ »

$$G = 1{,}1\,V \text{ oder}$$

$$V = \frac{1}{1{,}1}\,G.$$

Wir nennen dieses den Auftrieb per ein Kubikmeter Traggas. (Hier des Wasserstoffgases.)

In obigen Formeln bedeuten: V = den Kubikinhalt des Ballons,
γ_0 = das Gewicht von 1 cbm atmosph. Luft,
γ_1 = « « « 1 » Ballonfüllung,
G = das Gewicht des ganzen Ballons.

134) zu p. 266. In Hinkunft soll bei Ausschreibung eines Preises stets eine gewisse Geschwindigkeit durch eine bestimmte Zeit gefordert werden. Diese Geschwindigkeit ist natürlich stets auf ruhige Luft bezogen. Siehe im übrigen die recht beherzigenswerten Vorschläge in der »Allgemeinen Sportzeitung« von Victor Silberer, 1902, vom 24. Mai, p. 608 u. f.

Es ist zu bedauern, dass gelegentlich der Fahrten des lenkbaren Ballons von Santos Dumont keine exakten wissenschaftlichen Luftwiderstandsversuche und Geschwindigkeitsmessungen angestellt worden sind.

Im Dezemberheft des Jahres 1901 der »Mémoires et Compte rendu des Travaux de la société des ingénieurs civils de France« hat Armengaud in einem sehr interessanten Aufsatze »Les progrès de la navigation aérienne et les expériences de M. Santos Dumont« dieses Luftschiff eingehend besprochen.

135) zu p. 266. Die Auffahrten Santos Dumont's in Monaco fanden in folgender Weise vom Hangar Bed de la Condamine aus statt. Die Ballonhalle ist 51 m lang, 11 m breit und 15 m hoch. Die Füllung des Aërostaten begann am 22. Januar und dauerte 2 Tage.

Erst am 28. Januar um 10 Uhr 45 Minuten morgens benützte Santos-Dumont den windstillen Tag zur ersten Auffahrt.

Durch das 20 m lange Lenkseil equilibriert, vollzog der Ballon dreimal die Runde um die kleine Bucht. Dies dauerte 15 Minuten. Am selben Tage, um 2 Uhr 25 Minuten, unternahm Santos Dumont die zweite Auffahrt und breitete sie bis in die Nähe des Taubenschießplatzes aus. Das Dampfschiff Monte-Carlo mit Mr. E. Aimé an Bord folgte ihm, wurde aber bald vom Aërostaten überholt. Nicht ohne Gefahr gestaltete sich die Rückkehr und beinahe wäre der Ballon an die Halle angefahren, da die Leute, welche bei der Landung behilflich waren, mit Leitern auf den Quai steigen mussten. Infolge dieser Schwierigkeiten lies der General-Gouverneur des Fürstentums eine 20 m hohe Rampe anlegen. Die zweite Auffahrt hatte 40 Minuten gedauert.

Die dritte Auffahrt fand am 10. Februar um 2 Uhr 10 Minuten statt und dauerte genau 23 Minuten. Der Wind blies ziemlich stark aus Westen. Die neue Rampe wurde zur Abfahrt benützt. Der Aërostat nahm, von der Schaluppe des Prinzen von Monaco begleitet, seinen Flug gegen das offene Meer. In der Höhe des Taubenschießplatzes angekommen, führte Santos Dumont verschiedene Bewegungen im Kreise aus und kehrte darauf, den Wind im Rücken, zum Abfahrtsort zurück.

Die vierte Auffahrt vollzog sich am 12. Februar bei bedecktem regnerischen Wetter. Um 2 Uhr flog der Ballon bei Westwind in gerader Richtung auf das Kap Martin zu. Nach 6 Minuten war das Luftschiff in der Höhe der Villa Blanc 1 km von Kap Martin entfernt, war daher ziemlich schnell geflogen. Santos Dumont war ganz allein über dem Meere sichtbar, ein »großartiger Anblick«, wie Aimé, sein Berichterstatter. schreibt. Bei der Rückfahrt holte er die Dampfbarkasse ein, an dessen Bord der Prinz von Monaco, Prinzessin Alice und Mr. E. Aimé sich befanden. Der Luftschiffer wollte am Landungsplatze landen, aber die Matrosen, welche nicht gewöhnt waren, solche Manöver auszuführen, stellten sich ungeschickt und der Prinz von Monaco wurde an der Hand durch das Lenkseil leicht verletzt. Als man in die Ballonhalle kam, zeigte es sich, dass durch den raschen Stoß auf den Ballon, als sich das Schiff mit ihm in Bewegung setzte, mehrere rückwärtige Träger gebrochen waren. Diese Fahrt hatte 30 Minuten gedauert.

Freitag, den 14. Februar unternahm Santos Dumont den fünften Aufstieg. Er hatte die Absicht, nach Kap Martin zu fahren, allein der Versuch missglückte und endete mit einem schweren Unfalle. Als das Luftschiff gegenüber dem Taubenschießstande in Monte Carlo angekommen war, sank der Ballon ins Meer und ging zum Teile unter. Santos Dumont wurde von einer der Dampfschaluppen, welche dem Ballon gefolgt waren, aufgenommen. Über die eigentliche Ursache des Unfalles gehen die Nachrichten ziemlich weit auseinander. Nach der einen Version soll die Ursache ein Riss im Ballon gewesen sein; einer anderen Nachricht zufolge soll sich das Lenkseil für das Steuer in die Schraube ver-

wickelt haben; Santos versuchte das Seil zu befreien und erteilte der Ballonachse eine schräge Lage; dadurch soll angeblich Benzin aus dem Behälter geflossen sein. Santos befürchtete eine Explosion und zog die Reißleine, worauf der Ballon rasch sank.

Es ist sehr erfreulich, dass sich Santos Dumont trotz seiner Unfälle nicht entmutigen lässt, die betretene Bahn weiter zu wandeln.

136) zu p. 266. Das Manöver mit den beiden Ballonets ist mir nicht sympatisch. Eine Schiefstellung der Achse wird einfacher und leichter durch eine Gewichtsverlegung irgend welcher fester Ballonbestandteile zu erreichen sein. Zwei Ballonets dazu zu verwenden, halte ich für eine unnütze Komplikation.

137) zu p. 267. Die Angaben über den Santos Dumont Nr. VII variieren voneinander; nach einer Quelle soll er einen Gesamtauftrieb von 1320 kg haben und 2 Gondeln tragen. Der Ballon soll für 2 Personen gebaut werden. Er hofft, 64 km in der Stunde, das ist 17 m p. s. durch mehrere Stunden beibehalten zu können. Erzielt er ein $\eta = 1{,}5$, so könnte er dies, vorausgesetzt, dass auch alle anderen notwendigen Bedingungen erfüllt werden, was sich ja gegenwärtig noch der Beurteilung entzieht, auch annähernd erreichen. Ich weiß aber nicht, ob Dumont resp. Lachambre auch Vorsorge getroffen hat, dass die Hülle diese Beanspruchungen aushält.

137[a]) zu p. 268. Es ist eine merkwürdige Tatsache, dass inbezug auf Luftschiffahrt und Flugtechnik die öffentliche Meinung ein besonders zartes Ohr bekundet. Leider wird die Sucht, Neues zu hören, in übergroßem Maße oft auch auf Rechnung der Wahrheit von Seiten entsprochen, welchen alles daran liegen sollte, nur authentische Nachrichten zu lancieren. In Sachen der Luftschiffahrt die große Trommel zu schlagen, scheint, insolange greifbare Erfolge nicht verzeichnet werden können, gewagt und unrichtig. Man schadet der Flugtechnik und der Luftschiffahrt viel mehr, als man ihr nützt. Mögen diese Worte die »Erfinder« und alle ihre Freunde, welche sie in oft nur gar zu marktschreierischem Tone unterstützten, beherzigen.

137[b]) zu p. 268. Über die Fahrten der Pariser Luftschiffer bringen »Vélo« (Paris 2, rue Meyerbeer) und »L'Auto-Vélo« (Paris 10, Faubourg Montmartre) fortgesetzt authentische Nachrichten.

138) zu p. 268. Die Auffahrten mit dem Luftschiffe von Deutsch de la Meurthe »Ville de Paris« sollen noch in diesem Jahre stattfinden, und zwar mit den Herrn Tatin (Konstrukteur des Ballons), Graf Henry de la Vaulx, Vicepräsident des Aéro-Club und dem Ingenieur Morin als Insassen.

139) zu p. 269. Bis jetzt wurden Details über diese Wettfahrten lenkbarer Ballons noch nicht veröffentlicht. Der sehr rührige Pariser Aéro-Club, nach dessen Muster auch ebensolche Vereinigungen in Wien, London, Brüssel und Budapest entstanden sind, fördert die Sache

der Luftschiffahrt gleich der internationalen aëronautischen Kommission in Paris lebhaft. Es wäre sehr zu wünschen, wenn für diese Ballonwettfahrten strenge Reglements zeitgerecht veröffentlicht würden.

140) zu p. 269. So sehr ich jedes Unternehmen, welches die Aëronautik fördert, hochhalte, so kann ich doch nicht umhin, zu erklären, dass die Erzeugung, »lenkbarer Ballons« für den Verkauf heute noch bedenklich erscheint. Man will dabei ja doch nicht allein profitieren, sondern dem Käufer auch vollwertige Ware liefern. Bei dem Mangel an Erfahrung ist dies aber zu dem gegenwärtigen Zeitpunkte noch nicht möglich. Ohne sich selbst zu täuschen, muss man ehrlich sagen, auf dem Gebiete der Luftschiffahrt sind wir heute noch nicht so weit.

Das für lenkbare Ballons ausgegebene Geld wird ohne Zweifel sich einst gut verzinsen, momentan aber muss es als à fond perdu verausgabt betrachtet werden. Jedes erbaute, sogenannte lenkbare Luftschiff ist ein Modellballon, ein interessantes Studienobjekt, an dem wir unter allen Umständen lernen können, aber keine Marktware. Geschäftsmäßig würde ich erst dann raten, an den Ban mehrerer Ballons von gleicher Type zu gehen, wenn es gelungen sein wird, Eigengeschwindigkeiten von 14 m p. s. zu erzielen.

141) zu p. 270. Der Fall, dass ein freier Ballon pendelt, kommt sehr selten vor. Lenkbare Ballons werden ähnlichen Erschütterungen wie Drachenballons ausgesetzt sein. Je schneller der lenkbare Ballon dahinfliegt, desto stärkere Vibrationen werden auftreten. Die das Traggerüste haltenden Teile müssen daher auf ein Minimum an Querschnittsfläche reduziert, eventuell mit federnden Verbindungsteilen ausgerüstet werden.

142) zu p. 274. Eine sehr lesenswerte Abhandlung über die »Windgeschwindigkeit in Straßburg« veröffentlicht Hann in Met. Z. 1899 p. 457. Hann hat die Publikation von Dr. Hergesell aus dem »Meteorologischen Jahresbericht« für Elsass-Lothringen in sehr interessanter Weise verarbeitet.

Ferner verweise ich auf Schreiber: »Die wichtigsten Hilfsmittel zur Bestimmung der Windstärke« II. T. »Studien über Luftbewegung«, auch auszugsweise in Met. Z. 1900, p. 41—46, wo Anemometer besprochen werden.

143) zu p. 278. Über Drachen und Drachenbeobachtungen bringen die Illustr. aëronautischen Mitteilnngen, welche in Straßburg erscheinen, fallweise Nachrichten. Auf eine sehr interessante größere Broschüre sei hier speziell verwiesen: »Exploration of the Air by means of Kites«, auch erschienen in »Annals of the Astronomical Observatory of Harvard College 1897.«

In der »Zeit« erschien von mir im Jahre 1898 in Nr. 204 ein Aufsatz über Drachen unter dem Titel: »Drachenaufstiege«, welche dieses Thema in populärer Form behandelt.

144) zu p. 283. Wer sich eingehender mit der Frage lenkbarer Ballons befassen will, dem sei das intensive Studium der in dem Buche enthaltenen Tabellen dringend empfohlen.

Um zu zeigen, welchen Vorgang ich bei Berechnung der Tabellen einschlug, sei hier eine der vielen, unter sich im Kopfe gleichen, Tabellen veröffentlicht, aus welchen im Buche nur die Schlussresultate, in den Tabellen von 1a an, republiziert sind.

In der nachstehenden Tabelle bedeuten:

1. d_v = Durchmesser vorne (größter Diameter),
2. $\frac{O}{V} = \frac{\text{Oberfläche des Ballons (qm = m}^2\text{)}}{\text{Volumen des Ballons (cbm = m}^3\text{)}}$,
3. h = Angenommenes Gewicht von 1 qm Ballonhüllengewicht,
4. $H_r = \frac{O}{V} \cdot h$ = relatives Ballonhüllengewicht,
5. $\frac{N}{V} = \frac{\text{Anzahl d. z. Vorwärtsbewegung von } r = 12\text{ m erfordl. Pferdest.}}{\text{Volumen des Ballons (cbm = m}^3\text{)}}$,
6. k_3 = angenommenes Gewicht einer Ballonpferdestärke mit 30 kg,
7. N_r = relatives Ballonmotorengewicht,
8. l = ideelle Länge des Ballontraggerüstes,
9. m = angenommenes, absolutes Gewicht eines Meters des Ballontraggerüstes,
10. Q = absolutes Gewicht des ganzen Ballontraggerüstes,
11. V = Volumen des betreffenden Ballons von d_v und $c = 60$ m,
12. Q_r = relatives Ballontraggerüstegewicht,
13. R_r = angenommenes relatives Ballonnutzlastgewicht,
14. $G_{r_2}^{30}$ = relatives Ballongesamtgewicht bei $k_3 = 30$ kg und $R_r = \cdot 2$ kg,
15. k_2 = angenommenes Gewicht einer Ballonpferdestärke mit 20 kg,
16. $\frac{N}{V} k_2$ = relatives Ballonmotorengewicht bei $k_2 = 20$ kg,
17. $G_{r_2}^{20}$ = relatives Ballongesamtgewicht bei $k_2 = 20$ kg und $R_r = \cdot 2$ kg,
18. k_1 = angenommenes Gewicht einer Ballonpferdestärke mit 10 kg,
19. $\frac{N}{V} k_1$ = relatives Ballonmotorengewicht bei $k_2 = 10$ kg,
20. $G_{r_2}^{10}$ = relatives Ballongesamtgewicht bei $k_1 = 10$ kg und $R_1 = \cdot 2$ kg.

$e = 60, \ v = 12$ **Detailtabelle zur Berechnung der relativen Ballongewichte.** **150 Ballons**

d_r	O/V	h	H_r	N/V	k_3	N_3	c	m	$Q = mc$	V	Q_r	R_r	$G^{30}_{r_2}$	k_2	$\frac{Nk}{V}$	$G^{20}_{r_2}$	k_1	$\frac{N}{V}k$	$G^{10}_{r_1}$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
8	0,588	0,81	**0,476**	0,0133	30	**0,399**	60	31	1860	2543	**0,731**	0,2	**1,806**	20	0,266	**1,673**	0,10	0,133	**1,540**
10	463	85	**393**	0126	»	**378**	»	35	2100	4295	**488**	»	**1,459**	»	252	**1,233**	»	126	**1,107**
11	416	89	**370**	0120	»	**360**	»	39	2340	5399	**433**	»	**1,380**	»	240	**1,160**	»	120	**1,030**
12	383	93	**356**	0119	»	**357**	»	43	2580	6563	**393**	»	**1,306**	»	238	**1,087**	»	119	**0,968**
13	350	0,97	**339**	0116	»	**348**	»	47	2820	7900	**357**	»	**1,244**	»	232	**1,028**	»	116	**912**
14	326	1,01	**329**	0113	»	**339**	»	51	3060	9378	**326**	»	**1,190**	»	226	**0,980**	»	113	**870**
15	305	1,05	**320**	0111	»	**333**	»	55	3300	11001	**299**	»	**1,152**	»	222	**0,941**	»	111	**830**
17	269	1,13	**304**	0107	»	**321**	»	67	4020	14696	**273**	»	**1,098**	»	214	**0,891**	»	107	**784**
18	254	1,17	**297**	0104	»	**312**	»	73	4380	16776	**261**	»	**1,070**	»	208	**0,866**	»	104	**762**
20	229	1,25	**286**	0101	»	**303**	»	85	5100	21422	**238**	»	**1,027**	»	202	**0,826**	»	101	**725**
22	208	1,33	**277**	00982	»	**294**	»	101	6060	26742	**227**	»	**0,998**	»	196	**0,800**	»	0982	**702**
23	200	1,37	**274**	00967	»	**290**	»	109	6540	29664	**220**	»	**0,984**	»	193	**0,787**	»	0904	**691**
25	184	1,45	**267**	00941	»	**282**	»	125	7500	36053	**208**	»	**0,957**	»	188	**0,763**	»	0941	**669**
27	171	1,53	**262**	00916	»	**274**	»	145	8700	43194	**201**	»	**0,937**	»	183	**0,746**	»	0916	**655**
28	165	1,57	**259**	00904	»	**271**	»	155	9300	47056	**197**		**0,927**	»	180	**0,736**	»	0904	**646**
30	155	1,65	**256**	00882	»	**264**	»	175	10500	55385	**190**	»	**0,910**	»	176	**0,722**	»	0882	**634**
40	118	2,05	**242**	00789	»	**237**	»	305	18300	110129	**166**	»	**0,845**	»	158	**666**	»	0789	**587**
50	0955	2,45	**234**	00716	»	**215**	»	475	28500	189598	**150**	»	**0,799**	»	143	**627**	»	0716	**556**

144a) zu p. 283. von Loeßl experimentierte nur mit Maximalgeschwindigkeiten von etwa 15 Meter per Sek. Ganz detailliert sind seine Experimente beschrieben in »Studie über aëronautische Grundformeln« im Sitzungsberichte der Fachgruppe für Flugtechnik, März 1881.

145) zu p. 284. Auf Seite 14 der angezogenen Broschüre machte ich eine Zusammenstellung aus den Wellner'schen Luftwiderstandsversuchen auf Eisenbahnen und zeigte, dass er mit **derselben** Flächengröße, **bei der stets gleichen Eigengeschwindigkeit** und **derselben** Schiefstellung folgende Daten experimentell erhalten hat:

Am 10. Okt. 1892 bei einer Flügelelevation von + 3° mit Apparat II bei einer Fahrgeschwindigkeit von 8,77 m per Sek. fand Wellner folgendes:*) als Mittelwert des Stirnwiderstandes:

R_x	=	1050	d. i.	p.	1	qm	=	**11,865**	kg	Hinfahrt
»	=	970	»	»	1	»	=	11,155	»	»
»	=	320	»	»	1	»	=	3,680	»	Rückfahrt
»	=	280	»	»	1	»	=	**3,164**	»	»
»	=	250	»	»	1	»	=	6,554	»	»

Mit derselben Versuchsfläche fand er unter den gleichen Verhältnissen eine Hebekraft von:

R_y	=	150	d. i.	p.	1	qm	**1,695**	kg	Hinfahrt
»	=	230	»	»	1	»	2,599	»	»
»	=	800	»	»	1	»	9,944	»	Rückfahrt
»	=	920	»	»	1	»	**10,596**	»	»
»	=	620	»	»	1	»	7,006	»	»

Am 6. Oktober fand Wellner bei $\alpha = 6^\circ$ und $c = 8{,}33$ m folgende Werte für R_x (Mittelwerte, nicht reduziert) 0,810, 0,640, 0,880, **0,540**, 0,740, 0,900, 0,560, **1,180** und für R_y in korrespondierenden Fällen 0,890, 1,060, 0,860, **1,160**, 0,960, 0,800, 1,140, **0,520**, also auf Quadratmeter umgerechnet einmal bei der Rückfahrt bei der gleichen Eigengeschwindigkeit eine Hubkraft von 12,872 kg und 1 ½ Kilometer später bei **derselben Eigengeschwindigkeit** nur 5,876 kg. An welche Angaben soll man sich halten?

Man sieht aus diesem einen Beispiele, und man könnte noch viele ähnliche ausfindig machen, die grellen Verschiedenheiten der Mittelwerte recht deutlich.

Die einzelnen Windgeschwindigkeiten, die sich je nach der Hin- und Rückfahrt einmal zur Fahrtgeschwindigkeit c'' addieren, das anderemal subtrahieren, sind nicht bekannt und angegeben, ja können weder richtig geschätzt, noch verlässlich abgelesen werden, selbst wenn längs der ganzen Strecke lauter Beobachter mit Instrumenten gestanden wären, was im übrigen nicht der Fall war, weshalb auch eine nur annähernde Schätzung derselben unmöglich ist.

---

*) Apparat II war gewölbt und hatte eine Flächenprojektion von 443 qcm und repräsentiert die Nachahmung eines Vogelflügels. Die Umrechnungszahl auf 1 qm beträgt rund 22,6. Beim Versuch waren zwei solcher Flächen vorhanden.

Wellner weist wohl auch auf den Einfluss des Windes hin, dass sich der Wind einmal zur Fahrtgeschwindigkeit addiere, das anderemal subtrahiere, und dass die Summe, resp. Differenz zum Quadrate erhoben werden müsse, gibt jedoch für die Größe der Windgeschwindigkeiten in den Anmerkungen nur ganz allgemein gehaltene und nicht ziffernmäßige Daten, z. B. »Wind geht der Fahrt entgegen« oder »Wind drückt nach oben«, oder »schwacher Wind von der Seite«, oder »Wind querblasend«, »Wind voll entgegenblasend«. Umsonst sucht man jedoch nur eine einzige ziffernmäßige Angabe der Stärke des Windes.

Aus diesen in so hohem Grade unter einander differierenden Ablesungen ein allgemein giltiges Naturgesetz abzuleiten, wie Wellner es versucht hat, ist ohne nicht zu rechtfertigende Willkürlichkeiten geradezu ausgeschlossen.

146) zu p. 285. In der Tabelle 2c auf p. 166 bedeuten h = das absolute Gewicht von 1 Quadratmeter Hülle, q = das Gewicht eines Längenmeters Ballontraggerüste ($q = m$).

Die sphäroïdalen Ballons sind von mir vielleicht mit Unrecht etwas stiefmütterlich behandelt worden. Die hierbei zu berücksichtigenden Konstruktionsverhältnisse weisen auf viele mögliche Kombinationen und interessante Lösungen hin.

146a) zu p. 287. Prof. G. Wellner hat in der »Zeitschrift des österr. Ingenieur- und Architekten-Vereines«, Heft 18, 1902, auf p. 337—343 seinen Vortrag veröffentlicht. Ich vermisse in den darin enthaltenen Ausführungen, dass der Ballon nicht gegen »schärfere Winde« ankämpfen kann, wissenschaftliche und überzeugende Beweise. Außerdem finden sich darin eine Reihe von Aussprüchen und Satzwendungen, welche wenigstens bisher dem Sprachschatze des Technikers nicht geläufig waren. So spricht Professor Wellner von einem »ungeschickten neunpferdigen Elektromotor« und von »die Festigkeit verderbenden Dimensionen« etc. etc.

Geradezu befremdend wirkt aber die Art und Weise, wie Wellner seine Behauptungen beweisen will. Man erwartet, in einer so ernsten, streng wissenschaftlichen Zeitschrift, wenn in ihr technische Bestrebungen kritisiert werden, auch vollgiltige Beweise, hier z. B. für die Unmöglichkeit der Lenkbarmachung des Ballons, für die ja derzeit Professor Wellner eintritt. (Es war einst ganz anders. Man sehe darüber das Literaturverzeichnis nach.) Die Beweise, welche Professor Wellner bringt, halten einer ernsten Kritik nicht stand und sind nur Behauptungen allgemeiner Natur, ohne im Entferntesten in Details einzugehen. Außerdem entsprechen einzelne Angaben geradezu nicht der Wahrheit. So z. B. war der berühmte Renard-Krebs'sche Ballon nicht, wie Wellner annimmt, mit Leuchtgas, sondern mit Wasserstoffgas gefüllt. Es ist sehr misslich, wenn man dann auf Grund solcher unrichtiger Annahmen Beweise basiert, wie es hier tatsächlich geschehen ist. Man lese die Seite 339 des angezogenen Aufsatzes. Im Interesse der guten Sache, die ich vertrete, mussten diese Worte, so schwer es mir ankam, niedergeschrieben werden.

um so mehr als ich Professor Wellner gleich nach seinem Vortrage auf einzelne Irrtümer aufmerksam machte und trotzdem z.·B. nachher auch in Graz von Wellner ein ähnlicher Vortrag gehalten wurde. Irren ist menschlich; aber man soll nicht im Irrtum beharren.

147) zu p. 287. Warum es nicht möglich sein soll, einen Ballon so zu versteifen, dass er einerseits den Winddruck — soll wohl heißen Luftwiderstand — aushält und sich dabei erheben kann, verstehe ich nicht. Meine diesbezüglichen, durchgezeichneten Konstruktionen weisen auf das gerade Gegenteil hin. Im übrigen kann ich nur wieder das Beispiel des Drachenballons anführen, der eine Form der gesuchten Lösung enthält.

148) zu p. 287. Damit das Luftschiff nicht auf die Gnade des Windes angewiesen sei, müsste es über eine eigene Geschwindigkeit verfügen, welche wenigstens 14 m p. s. betragen muss. Dies ist, wie in diesem Buche zur Evidenz nachgewiesen wurde, schon heute mit den uns zur Verfügung stehenden technischen Mitteln durch Anwendung starker Motoren und geschickter Konstruktionen möglich.

149) zu p. 302. Mannesmannwerke befinden sich noch in Remscheid und in Komotau in Böhmen. Siehe deren Preiskurante etc.

150) zu p. 303. Bei der Wichtigkeit des Gegenstandes folgen hier über die Erzeugung des Wasserstoffgases noch nähere Daten. Für aëronautische Zwecke ist der elektrochemisch erzeugte Wasserstoff dem auf chemischem Wege dargestellten weit überlegen, da er nur um ca. 25 % schwerer als das reine Gas hergestellt werden kann, während auf chemischem Wege durch Auflösen von Metallen in verdünnten Säuren dargestellter Wasserstoff nahezu das doppelte spezifische Gewicht hat. Es wird also bei Anwendung von Elektrolytwasserstoff infolge des höheren Auftriebes an dem teueren Ballonmaterial und an Transportkosten für die komprimierten Gase gespart.

Für eine technische Verwertung der Elektrolyse des Wassers ist außer dem elektrochemischen Äquivalent die erforderliche Zersetzungsspannung von Wichtigkeit.

Einen für technische Zwecke genügenden Aufschluss hierüber gibt uns die Thomson'sche Regel, welche bekanntlich von der Voraussetzung ausgeht, dass die Bildungswärme der für die Zersetzung erforderlichen Energie, also in unserem Falle der elektrischen Energie, gleich sein müsse. Nach der Thomson'schen Regel ergibt sich für die Zersetzungsspannung des Wassers der Wert von rund 1,5 Volt. Le Blanc fand experimentell für diejenige elektromotorische Kraft, bei welcher dauernder Stromdurchgang eintritt, 1,67 Volt, Helmholtz auf rechnerischem Wege nach verschiedenen Methoden 1,64 und 1,78 Volt.

In der Praxis wendet man in der Regel Spannungen von 2,5 bis 3 Volt an. Dieselben gelten jedoch nicht für die Anwendung von reinem Wasser, weil die Leitungfähigkeit des reinen Wassers zu gering ist. Es muss daher durch einen Zusatz von Säuren oder Alkalien besser leitend gemacht werden.



Nach dem Vortrage des Oberingenieurs V. Engelhardt in der Fachgruppe für Chemie, abgedruckt in der »Zeitschrift des österr. Ingenieur- und Arch.-Vereines« 1902, Heft 19, dem ich die folgenden Daten entnehme, lassen sich die Verfahren bei der technischen Elektrolyse des Wassers im Großen und Ganzen in folgende Gruppen einteilen.

A. Apparate und Verfahren zur getrennten Darstellung von Sauerstoff und Wasserstoff. Diese zerfallen in Anordnungen:

1. mit porösen Diaphragmen aus nichtleitendem Material;
2. mit vollen, nicht leitenden Scheidewänden, also auf dem Prinzipe der Hoffmann'schen Laboratoriumsapparate beruhend;
3. mit vollen oder durchbrochenen leitenden Scheidewänden.

B. Verfahren und Apparate ohne Trennung der Gase, also zur Knallgaserzeugung.

C. Verfahren zur bloßen Sauerstoffentwicklung, und zwar entweder:

1. durch Depolarisation an der Kathode oder
2. durch Metallfällung an der Kathode.

In jeder dieser Gruppen und Unterabteilungen gibt es eine ganze Reihe von Verfahren und Apparaten.

Von allen bisher gemachten Vorschlägen haben nur die Apparate von Schmidt, Schuckert, Schoop und Garuti die Probe in der Praxis bestanden.

Anlagen nach Garuti's System haben z. B. die Sauerstoff- und Wasserstoffwerke Luzern mit 48 Elektrolyseuren und einer Leistung von 50 cbm Sauerstoff und 100 cbm Wasserstoff pro Tag, die italienische Luftschifferabteilung in Rom mit 51 Elektrolyseuren zu 400—450 Ampère und 3 Volt pro Zelle, die Société l'Oxhydrique in Brüssel, die im Bau befindliche Anlage der Oxyhydrique française in Montbard und andere mehr.

Beim Apparate von Schmidt bilden Gusseisenplatten die Elektroden, welche durch Asbesttücher voneinander getrennt und in Form einer Filterpresse zusammengepresst sind.

Der Strom wird in einer der Anzahl der Platten entsprechenden Spannung nur den Endplatten zugeführt. Es schalten sich infolge dessen alle Mittelleiter bipolar, und können zum Betrieb der Apparate normale Lichtmaschinen von 65, 110 oder 220 Volt Spannung angewendet werden. Ein Vorteil der Schmidt'schen Konstruktion liegt in der Anwendung von Gasabscheidern. Es sind dies zylindrische, genietete Eisengefäße, in welche die von den entweichenden Gasen in Schaumform mitgerissenen Teile des Elektrolyten übersteigen, sich hier von den Gasen trennen und durch ein Fallrohr in den Apparat zurückfließen. Es wird hierdurch eine fortlaufende Zirkulation des Elektrolyten im Apparate selbst aufrecht erhalten, während das zersetzte Wasser durch einen Fülltrichter ergänzt wird. Schmidt passt seine Apparate den gebräuchlichen Lichtspannungen von 65, 110 und 200 Volt an und kommt auf diese Weise leicht zu Apparateinheiten

bis zu 30 Kilowatt und darüber, also zu ganz beachtenswerten Größen. Als Elektrolyt verwendet Schmidt eine 10 % ige Lösung von kohlensaurem Kali. Die Schmidt'schen Apparate, deren Fabrikation die Maschinenfabrik Oerlikon übernommen hat, sind heute schon in einer ganzen Reihe von Anlagen im Gebrauch, z. B. in den Akkumulatorenfabriken nach System Tudor in Oerlikon, Rosport, Saragossa, Manchester, Lille, Brüssel und Hagen in Westfalen, am Polytechnikum in Zürich, in der Fabrik elektrochemischer Produkte in Wetzikon, in einem deutschen Stahlwerke, in der Karbidfabrik in Terni und an anderen Orten.

Alle in die Praxis übergegangenen Apparattypen geben eine Stromausbeute auf Ampèrestunden gerechnet von rund 98 %, also nahezu die theoretische Ausbeute. Die erforderliche Betriebsspannung schwankt je nach der Apparatkonstruktion, dem Elektrolyten und der Temperatur des letzteren von 2,5 bis 3,5 Volt. Man kann also im Durchschnitt annehmen, dass die elektrolytischen Wasserzersetzungsapparate mit einer Energieausbeute von rund 50 % arbeiten. So liefern z. B. die Schmidtschen Apparate per Kilowattstunde 168 l Wasserstoff und 84 l Sauerstoff und zersetzen hierbei 134 g Wasser. Steigt die Temperatur auf das normale Maximum von 60° C., so erhält man infolge des Abnehmens der Spannung eine um ca. 8 % höhere Leistung pro Krafteinheit.

Die Reinheit der Gase ist auch bei allen Systemen ziemlich die gleiche. Der Sauerstoff enthält durchschnittlich 97 % reinen Sauerstoff neben Wasserstoff und etwas Kohlenoxyd, der Wasserstoff enthält 99 % reinen Wasserstoff neben ca. 1 % Sauerstoff. Durch Überleitung durch glühende Röhren oder durch Katalysatoren kann die Reinheit bedeutend gesteigert werden.

Über die kommerzielle Seite der Wasserelektrolyse giebt Engelhardt folgende, für Kalkulationen sehr wichtige Daten über eine tägliche Erzeugung von 100 cbm Gas, also von 33 cbm Sauerstoff und 66 cbm Wasserstoff berechnet. Es gibt dies bei 10 % Gasverlust eine Jahresproduktion von rund 9000 cbm Sauerstoff und 18000 cbm Wasserstoff.



Tägliche Produktion von 66 cbm Wasserstoff und 33 cbm Sauerstoff = 9000 cbm Sauerstoff und 18000 cbm Wasserstoff pro Jahr bei 10% Gasverlust.

Anlagekosten	Bei Verwendung beider Gase, resp. des Knallgases	Bei Verwendung von Sauerstoff allein	Bei Verwendung von Wasserstoff allein
Gebäude . . . . K.	4 800	4 800	4 800
Schaltbrett samt Apparaten . . »	480	480	480
Elektrolyseur f. 16,5 Klw . . . . . »	12 000	12 000	12 000
Nebent., Leitung u. s. w. . . . . . »	6 000	5 000	5 000
1 Gasom. f. 20 cbm Sauerstoff . »	3 000	3 000	—
1 » » 40 » Wasserstoff . »	4 200	—	4 200
Montage, Verpackung etc. . . . . »	1 800	1 600	1 600
Unvorhergesehenes u. Inbetriebsetzung . . . . »	2 200	2 120	1 920
Summe . . . . K.	34 500	29 000	30 000

Betriebskosten	Bei 1 Heller per Kilowattstunde	Bei 5 h per Kilowattstunde	Bei 1 h per Kilowattstunde	Bei 5 h per Kilowattstunde	Bei 1 h per Kilowattstunde	Bei 5 h per Kilowattstunde
16,5 Kw. × 24 St. × 360 Tage = 142 560 Kw.-St. . . . . K.	1 425	7 125	1 425	7 125	1 425	7 125
1 Arbeiter . . . . »	1 700	1 700	1 700	1 700	1 700	1 700
Ersatzmaterial . . . . »	1 200	1 200	1 200	1 200	1 200	1 200
5% Zinsen des Anlagekapitals . »	1 725	1 725	1 450	1 450	1 500	1 500
10% Amortisation . . . . »	3 450	3 450	2 900	2 900	3 000	3 000
Wasser, Reparaturen, Heizung, Licht u. s. w. . . . . »	500	500	500	500	500	500
Summe . . . . K.	10 000	15 700	9 175	14 875	9 325	15 025

	Knallgas		Sauerstoff		Wasserstoff	
Daher Kosten per Kubikmeter in Kronen	0,37	0,58	1,02	1,65	0,52	0,89

Eine solche Anlage erfordert, je nachdem ob beide Gase oder nur eines verwendet werden, ein Anlagekapital von K. 29000 bis 34500. Die Betriebskosten betragen, je nach dem Kraftpreise, der in der Tabelle mit 1—5 Heller pro Kilowattstunde, also für billige Wasserkraft einerseits und für billige Dampfkraft andererseits eingesetzt ist:

per 1 cbm	Knallgas	37	bis	58	Heller,
» 1 »	Sauerstoff	102	»	165	»
» 1 »	Wasserstoff	52	»	89	»

Der durchschnittliche Verkaufspreis beträgt heute pro 1 cbm Sauerstoff nicht ganz K. 5 und pro 1 cbm Wasserstoff K. 1,5. Diese Preise verstehen sich allerdings für komprimierte Gase, während in den Gestehungskosten der Tabelle die Kompressionskosten nicht einbezogen sind. Bei halbwegs größerem Bedarfe empfiehlt es sich also wohl, die Gase selbst herzustellen. Doch auch die fabrikationsgemäße Herstellung von komprimierten Gasen für den Verkauf giebt bei den heutigen Marktpreisen einen ganz anständigen Gewinn, und kann man bei mittleren Kohlenpreisen wohl auf eine ca. 20 %ige Verzinsung bei halbwegs größeren Anlagen rechnen.

151) zu p. 303. Über Wassergas bringt die Zeitschrift »Das moderne Beleuchtungswesen« 1. Jahrg., Heft 1 und 8, sehr interessante Daten. Zu seiner Erzeugung ist jede Kohlen- und Koksart verwendbar. 100 kg Kohle ergeben eine durchschnittliche Produktion von 200—250 cbm Wassergas bei Reduzierung der nötigen Arbeitskräfte auf den sechsten Teil gegen Steinkohlengasproduktion, wo aus demselben Quantum nur etwa 30 cbm Gas gewonnen werden. Auch ist das Wassergas erheblich leichter, weil ihm die schweren Kohlenwasserstoffe des Leuchtgases fehlen.

Wassergas hat einen stärkeren, charakteristischeren Geruch als Leuchtgas. Namhafte Gelehrte, wie Prof. Ad. Wurtz (École de Médicine, Paris), Prof. E. Frankland (Royal College of Chemistry, London), Dr. E. F. Chander und Dr. Jos. Jone (Präsident des Gesundheitsrates in New York bezw. New Orleans) erklären übereinstimmend, dass das Wassergas nicht mehr Gefahren bietet als Steinkohlengas, seine Verbrennungsprodukte weniger schädlich sind und dass vom Gesichtspunkte der Explosion die Gefahr beim Wassergase eine geringere sei.

Man baut heute Wassergaserzeugungsapparate mit einer Leistungsfähigkeit von 25 bis 600 Kubikmeter per Stunde und beträgt der Materialverbrauch bei kontinuierlichem Betriebe ohne Anwendung eines Winderhitzers für heißkarburiertes Gas pro Kubikmeter erzeugten Wassergases 0,5 bis 0,6 kg Koks, für kaltkarburiertes oder unkarburiertes Gas 0,35 bis 0,45 kg Koks.

Der Selbstkostenpreis eines Kubikmeters Wassergas ohne Regiekosten, Verzinsung und Amortisation stellt sich je nach gemachten Annahmen, Kohlenpreisen etc. auf 4,31 bis 5,72 resp. auf 5,55 bis 6,23 Heller. Im allgemeinen kann man sagen, dass der Preis des Wassergases fast nur ein drittel von dem Preise des Steinkohlengases beträgt.

152) zu p. 303. Über die Herstellung von reinem Wasserstoffe auf trockenem Wege bringt »L'Année Scientifique et Industrielle«, herausgegeben von Louis Figuier, im XXX. Jahrgang 1889 in der Abteilung Chemie einen Artikel, welcher das Verfahren von W. Mayert und G. Richter bespricht. Es beruht auf der Erhitzung von Zinkpulver mit Kalkhydrat. Bei hoher Temperatur wirkt das Zink auf die Wassermoleküle der Kalkverbindung und gibt Zinkoxyd und Wasserstoffgas ab. Das Kalkhydrat lässt sich durch Aluminium-Cement und jeden anderen Körper, der mit Wasser chemisch verbunden ist, ersetzen.



Das Darstellungsverfahren ist, dank der Anwendung eines geeigneten hydraulischen Abschlusses, ein ununterbrochenes. Wenn ein Rohr des Ofens kein Gas mehr liefert, öffnet man den Verschluss und führt neue Materialladungen hinein, ohne dass der aus den anderen Röhren des Apparates kommende Wasserstoff sich in die Luft entladen kann, weil alle Gasableitungsröhren in Wasser eingetaucht sind, bevor sie das Gas in das Sammelgefäß führen. Da die Darstellungsart eine ununterbrochene ist, gewinnt man dadurch Zeit und Brennmaterial.

Die Patentschrift (Kais. deutsches Patent, 12. Klasse, No. 39898. Ausgegeben den 23. Dezember 1887. Patentiert vom 19. Oktober 1886 ab) gibt über das Mayert-Richter'sche Verfahren folgende Daten:

Das neue Verfahren basiert auf dem Verhalten des Zinkstaubes, beim Erhitzen mit Wasser abgebenden Körpern dieses derart zu zersetzen, dass sich Wasserstoffgas und Zinkoxyd bildet. Die Reaktion zwischen Zinkstaub und Kalkhydrat ist schon bekannt. Ein Gemisch von Zinkstaub und durch einfaches Löschen von gebranntem Kalk erzeugtem Kalkhydrat hält sich aber nicht lange, weil das auf diese Weise dargestellte Kalkhydrat immer noch mechanisch gebundenes Wasser enthält, welches sehr bald mit dem Zinkstaub in Reaktion tritt.

Diesen Übelstand vermeidet man dadurch, dass man das Kalkhydrat vor dem Mischen mit Zinkstaub durch Erhitzen auf circa 300 Grad von dem nicht chemisch gebundenen Wasser befreit. Ein solches Gemisch tritt selbst beim längeren Erhitzen auf 100 Grad nicht in Reaktion.

Dieses Gemisch entwickelt erst bei höherer Temperatur, kurz vor Rotglut, Wasserstoff. Besser eignen sich zur Erzeugung von Wasserstoff Gemische von Zinkstaub mit getrocknetem Magnesiahydrat, dem zweifach gewässertem Chlorcalcium oder der Doppelverbindung von Chlorcalcium mit Chlormagnesium, Chlornatrium, bezw. Chlorkalium.

153) zu p. 306.

Die für die Flugtechnik am meisten geeigneten Metalle sind etwa folgende:

Bezeichnung	Spez. Gewicht	Bruchbelastung für Zug kg f. d. qmm	Bemerkungen
Tiegelflusstahl, ungehärtet	7.86	75—90	Bei nahtlos gewalzten Mannesmann-Röhren aus Martin- und Tiegelflussstahl ist der Festigkeitskoëffizient = 6200.
» gehärtet		80	
Bessemer-, Thomas- und Martinstahl, ungehärtet		55—90	
Nickelstahl (25% Ni)	8.0	70—80	sehr hart.
» (5% Ni)	7.9	85	
Aluminiumbronze (10% Al)	7.7	65	
Aluminiummessing (3,3% Al)	8.4	65	sehr zähe.
Deltametall, hart gewalzt	8.6	58	
Phosphorbronze	8.8	40—45	
Magnalium	2.5	20—30	

Drähte.

Bezeichnung	Bruch-belastung für Zug kg f. d. qmm	Bemerkungen
Fowler'scher Stahldraht	253	Bei Abnahme der Dehnbarkeit (Zähigkeit) nimmt die Bruchfestigkeit zu, aber die Betriebsdauer und Biegsamkeit ab.
Tiegelflusstahldraht, blank . . .	90—200	
Deltametalldraht	98	
Höpermetalldraht (verbesserte Phosphorbronze)	80—90	
Siliziumbronzedraht	65—85	
Magnaliumdraht	30	

Literaturverzeichnis.

Guilbaut de Saintes. »Direction des aérostats«, système nouveau.

Rapport fait à l'Académie des siences sur la machine aérostatique, par Lavoisier, Condorcet, etc., présenté le 24 décembre 1784.

Meusnier (nachmals General). Lieutenant en premier au Corps Royal du Génie, et de l'Académie Royale des Sciences. »Mémoire sur l'équilibre des Machines aérostatiques sur les différents moyens de les faire monter et descendre et spécialement sur celui d'exécuter ces manoeuvres sans jeter de l'est et sans perdre d'air inflammable, en ménageant dans le ballon, une capacité particulière destinée a renfermer de l'air atmosphérique.« Amsterdam 1783.

Stephen Calvi. »A Method of directing Balloons in which inflammable air is employed, accompanied with a description of a new Barometer.« Milan 1784.

Guyot. Essai sur la construction des ballons aérostatiques et sur la manière de les diriger. 1 vol. in 4° avec. planches, Paris 1784.

Observations sur les nouvelles découvertes aérostatiques et sur la probabilité de pouvoir diriger les ballons. 1784.

Carré. Essai sur la nautique aérienne, lu à l'Académie royale des sciences de Paris le 14 janvier 1784, Paris 1784, in-8° de 24 pages avec planches-frontispice.

»Premier voyage et manoeuvres publiques au champs de Mars«, le 17 août 1784.

Mémoire sur les expériences aérostatiques, faites par M. M. Robert fréres, in -4°. Paris 1784.

Description de l'aérostat »l'Académie de Dijon«. A Dijon. 1 vol. in-8°, avec planches, 1784.

Faujas de Saint-Fond. Première suite de la déscription des expériences aérostatiques de M. M. de Montgolfier. Tome second, 1 vol. in-8°. Paris 1784. — Compte rendu par M. Blanchard, p. 170.

Calvez (Comte de). »On the means of directing Aerostatic Machines«, Philos. Trans. Abridg. XV, 635. 1784.

Scott. »Aérostat dirigeable à volonté«. A l'aide de cette machine, les voyages qu'on entreprendra, quelque grands qu'ils soient, seront terminés avec succès. 1789. 159 p. 8° av. 2 planches en fol.

Die Tafeln enthalten zwei interessante Zeichnungen lenkbarer Ballons.

Henin. Mémoire sur la direction des aérostats, Paris 1801, broch. in-8° avec frontispice.

»La Minerve,« vaisseau aérien, destiné aux découvertes et proposé à toutes les Académies de l'Europe par le physicien Robertson. 2. édition revue et corrigée. 1 broch. in-8°, avec 1 planche hors texte. Vienne 1804. Réimprimé à Paris, chez Hoquet, en 1820.

Meltz David. »Über die Lenkung der Aërostaten«. Wien 1824.

Dr. Potain. »Relation aérostatique dédiée à la nation irlandaise«, in -4, Paris 1824

Le Comte de Lennox, M. M. Guibert, Orsi, Edam et Ph. Laurent. Note sur le premier ballon-navire l'Aigle. 1834.

Pierre Ferrand. »Projet pour la direction de l'aérostat par les oppositions utilisées«. In -8 de 32 pages, avec planches hors texte. 1835.

Dr. Polli. »Bemerkungen über die Mittel, den Luftballon zu dirigieren«. 1841.

Emil Gire. Mémoire sur la direction des aérostats, Paris 1843. In-8 de 16 pages, avec planches.

Marey-Monge. »Etudes sur l'aérostation«, 1 vol. in-8° avec planches. Paris 1847.

Feuilleton de la Presse du 4 juillet 1850.

Dupuy-Delcourt. »Nouveau manuel complet d'aérostation«, 1 vol. in -32, avec planches. Paris, librairie Roret, 1850.

Samson, père et fils. »Solution du problème de la navigation aérienne«. Principes, preuves, et moyens, par Samson père et fils, chez Ledoyen, Palais-Royal 1850, in-8° de 16 pages avec figures.

John Wise. A system of aeronautics. Philadelphia 1850.

Henry Giffard. Application de la vapeur à la navigation aérienne. In-4 de 28 pages avec planche hors texte. Imprimérie de Pollet 1851.

Julien Turgan. »Le Ballon«, 1 vol. in-18 avec figures. Paris, Plon frères, 1851, p. 200.

Rosenfeld, K. »Steuerbares Luftschiff«. 1851.

Prosper Meller jeune. »Des aérostats. Navigation aérienne; chemin de fer aérostatique, aérostats captifs«, 1 vol. in-8° avec planches. Bordeaux 1851.

Tableau de l'art aérostatique et de la direction des Ballons (1673—1851). Théorie de l'aérostation, Notice sur la Direction des Aérostats et sur un nouveau système. Tableau en-folio avec 63 belles gravures coloriès.

Tissandier, G. »Les ballons dirigeables«. Expériences de H. Giffard en 1854 et en 1855, et de Dupuy de Lôme en 1872. 1872. 62 p. 12° avec 3 grav.

J. de la G. Dormitor. »Aérostat dirigeable«. Paris 1852.

»Solution d'un grand problème. La navigation aérienne réalisable par la substitution au ballon sphérique du ballon en couronne«, systéme de M. M. A. Treille et A. Meyer. 1 broch. in-8, avec figures et planche, à Noyon (Oise), 1852.

Ferdinand Lagleize. Aérostat. Paris 1853.

»Direction des ballons«. Moyens nouveaux à expérimenter, 1 broch. in-4°. Paris, Firmin-Didot frères, 1855.

»Le Génie industriel«. Revue des inventions françaises et étrangères. Tome XXIX, Paris 1855, page 251.

Farcot. »La navigation atmosphérique«, 1 broch. in-18 avec planches. Paris, Librairie nouvelle, 1859.

Contier Grisy. »Propulseur aérostatique«, Luxembourg 1860. In-8° de pages, avec planches.

H. Guilbault. »Direction des Aérostats«, système nouveau, 1861 erschienen.

Contier-Grisy. Aérostat propulsif en soie ou en aluminium avec moteur-révolo. Luxembourg 1862.

Dr. Pierre Moreaud (Membre de la Société Aérostatique et Météorologique de France). »Chemins Aériens. Application de la Vapeur à la direction des aérostats captifs«. 1863.

»Problème résolu de navigation aérienne« système Constantin Martin 1863.

L. David (Membre de la Société Aérostatique et Météorologique de France). »Solution du Problème de la Navigation dans l'Air par la direction des Aérostats«. 1864.

Astra Castra, by Hatton Turnor, London 1865.

»La direction des aérostats enfin trouvée«, par Léopold Cheradame. Paris, 1865, in-8⁰ de 16 pages avec plans et portraits.

The first english war-balloon.
A new american navigable war-balloon } in the Graphic 1865 and 1885.

»La Science pour tous«, 15 juillet 1865.

Specification of Paul Haenlein Balloons. London 1865.

Renucci. Exposé d'un système de navigation atmosphérique au moyen du ballon à enveloppe métallique, 1 broch. in-8 avec planches, Paris 1865.

Cordenons, P. Le problème de la navigation aérienne, 1865.

G. Tissandier. »Les ballons dirigeables« expériences de M. Henri Giffard en 1852 et en 1855 et de M. Dupuy de Lôme en 1872. Paris 1872.

»Ballon aérostatique dirigeable, en tôle d'aluminium«, par M. Micciollo-Picasse, Paris 1871. Broch. in-8⁰, avec planches.

Note sur l'Aérostat à hélice de M. Dupuy de Lôme. Paris 1872.

Helmholtz, H. »Theoretische Betrachtungen über lenkbare Luftballons«. 1872/73.

»Aérostat à hélice«, par M. Dupuy de Lôme. In-4⁰, 1873.

Haenlein. Bericht über das von einem Wiener Consortium erbaute Luftschiff und die damit angestellten Versuche. 1873.

Haenlein. Protokoll und Bericht über die Plenarversammlung des Consortiums Wien zur Erbauung eines Luftschiffes. 1873.

Helmholtz, H. Theoretische Betrachtungen über lenkbare Luftballons. 1872/73. (Verh. d. V. f. Gewerbefl.)

Helmholtz, H. Über ein Theorem, geometrisch ähnliche Bewegungen flüssiger Körper betreffend, nebst Anwendung auf das Problem, Luftballons zu lenken. 1873. 14 S. gr. 8⁰. (Monatsber. d. Akad.)

Haenlein. »Lenkbares Luftschiff«. 1874.

Krippendorf, Hermann, Dr. Modell eines steuerbaren Luftschiffes. Aarau 1875.

Popper. Über die Quelle und den Betrag der durch Luftballons geleisteten Arbeit. Wien 1875.

Krüger, R. Über den geeignetsten Motor für die Lenkbarkeit des Luftschiffes (Z. d. V. d. I. 1877).

Fayol. »Le Voyageur aérien«, 1 broch. in-8, Paris, typ. Blanpain 1875.

Rovigno. Mathématiques au lycée de R., extrait du journal »Les Mondes« du 18. mai 1876.

Baumgarten. »Das lenkbare Flügelluftschiff«. Grüna 1877.

Desplats, Michel. Projet du ballon tournant dirigeable »Le Demi-Monde«. En vente à l'Exposition universelle de Paris, 1878, section République Argentine. In-8 de 16 pages avec photographie.

Yon, G. Note sur la direction des aérostats. 1880. 35 p. 4⁰ avec 16 pl.

Navigation aérienne, système Debayeux. Paris 1880.

Mauder. Geschichte über die Luftschiffahrt und das gelöste Problem der Lenkbarkeit. Wien 1880.

Wellner. »Über die Möglichkeit der Luftschiffahrt.« Brünn 1880.

E. Moret in »La navigation aérienne«, Mémoire pour servir à l'avancement des sciences aérostatiques. Projet de navigation aérienne »Le ballon-comète«, 1 broch. in-8, Vesoul 1881.

Koch. »System zur Herstellung lenkbarer Luftschiffe.« München 1882.

Ardisson Annibal. »Le Dirigeable«. Paris 1882.

Tissandier. »Le problème de la direction des aérostats«. Application de l'éléctricité à la navigation aérienne. 1883, 32 p. 8⁰. avec 1 pl. 4⁰ et 12 fig.

Wellner, G. »Über die Möglichkeit der Luftschiffahrt«. 2. Aufl. 1883. 35 S. 4⁰.

Wellner. »Der lenkbare Segelballon«. 1883. 12 S. (autogr.) 4⁰. Mit 9 Fig.

Bosse, Wilhelm. »Zur Klärung der Flugfrage. Wien 1883.

Auerbach, Felix, Dr. »Hundert Jahre Luftschiffahrt«. 1883.

Platte. Vortrag im österr. Ing. u. Arch.-Verein. »Die Lenkung des Luftballons mittels einer verstellbaren Äquatorfläche«. Wien 1883.

Renard et Krebs, »La direction des ballons«. L'Aérostat éléctrique à hélice. 1884. (Nature.)

Tissandier. »Application de l'Éléctricité à la navigation aérienne.«. L'aérostat éléctrique á hélice de M. M. A. et G. Tissandier. 1884. 16 p. gr. 8⁰, avec 6 grav. et 1 pl. fol.

Horbaczewski, E. »Das lenkbare Luftschiff« von Renard und Krebs. 1884. 14 S. 8⁰. M. 2 Fig.

Enthält den vollständigen Text der Note von Renard und Krebs an die Akademie der Wissenschaften zu Paris.

Fonvielle. L'Aérostat dirigeable de Meudon. 1884. 67 p. 8⁰.

Goupil, A. »La locomotion aérienne«. Etude. 1884. 112 p. avec 7 pl. et 92 fig.

Dingler's »Polytechn. Journal«. »Neuere Vorschläge für lenkbare Luftballons«. 1884.

Ganswindt, H. »Die Lenkbarkeit des aërostatischen Luftschiffes«. Berlin 1884.

Bair. »Industrie und Gewerbeblatt«, 1884. »Der lenkbare Ballon«.

Note présentée á l'Académie des sciences, le 18 août 1884.

Broszus, J. E. »Der lenkbare Luftballon auf dem Kriegsschauplatze«. 1884.

Wellner, G. »Mathematischer Beweis der Möglichkeit, lenkbare Luftfahrzeuge herzustellen « 1884.

Silberer, Victor. »Die Unmöglichkeit der Lenkbarmachung des Ballons.« Wien 1884.

Arsène, Oliver. »Note sur un projet d'aérostation dirigeable«. 1884. In-8⁰ de 24 pages avec planches.

Wieczoreck. »Das lenkbare Luftschiff«. Breslau 1884.

Renard, Ch. »Le Ballon dirigeable ,La France'«. Nouvelles expériences exécutées en 1885/1886. 7 p. 4⁰, av. Photogr. et 3 Illustr.

Tissandier. »Les Ballons dirigeables«. Application de l'Éléctricite à la navigation aérienne. 1885. 108 p. 12⁰, av. 4 planches et 35 fig.

Bauer, Ch. »Die Lenkbarkeit des Luftballons«. 1885.

Wolff. Das neue lenkbare Luftschiff von Wolff. 1885. I S. fol. M. 3 Illustr. (Illustr. Ztg.)

Tissandier. »Les ballons dirigeables«. Paris 1885.

Moedebeck, H. »Die lenkbaren Luftschiffe etc.«. 1885.

Renard. Sur les nouvelles expériences exécutées en 1885 au moyen du ballon dirigeable »La France«. Paris 1885.

Pompeien, Piraud. »Navigation aérienne, direction des ballons«. Notes sur le ballon et l'appareil de direction et d'aviation, inventé et construit. 1 broch. in-8⁰, Lyon 1885.

Revue des Deux Mondes, livraison du 1er janvier. 1885.

Ch. Renard. »Conférence sur la navigation aérienne«. Paris 1886.

Moedebeck, H. »Handbuch der Luftschiffahrt mit besonderer Berücksichtigung ihrer militärischen Verwendung«. Historisch, theoretisch und praktisch erläutert. 1886. 2 Tle. 200 u. 210 S. 8⁰. M. 4 Taf. Qu.-Fol. und 93 Text-Ill. Gesch. der Aëronautik: französische, amerikanische, englische, deutsche, russische Militär-Aëronautik.

Ganswindt, H. »Lenkbares Luftschiff«. Berlin 1886.

Tissandier, G. »La Navigation aérienne, l'aviation et la direction des aérostats dans les temps anciens et modernes«. 1886. 335 p. 12⁰. av. 99 vign.

Fontaine, J. A. Exposé d'un nouveau système d'aérostats dirigeables à propulsion atmos hérique«. 1886. 80 p. 4⁰. av. 40 fig. et I pl.

Moedebeck, H. »Die Luftschiffahrt in ihrer neuesten Entwickelung. Berlin 1887.

Wölfert. »Lenkbares Luftschiff für militärische Zwecke«. 1887.

Graffigny. »La navigation aérienne et les ballons dirigeables«. 1888. 344 p. 12⁰. av. 43 fig.

Graffigny. »Die Luftschiffahrt und die lenkbaren Ballons«. Leipzig 1888.

Espitalier. »Les ballons et leur emploi à la guerre.« Paris 1889.

Renard. Les piles légères (piles chlorochromiques) du ballon dirigeable »La France«. 1890. 36 p. 4⁰. av. 14 fig. et 10 pl.

A.-Z. »Die Thatsache der lenkbaren Luftschiffahrt.« Leipzig 1890.

Miller-Hauenfels, A., Ritter v. »Der mühelose Segelflug der Vögel und die segelnde Luftschiffahrt.« Graz 1890.

Hoernes, Hermann, Oblt. »Die Luftfahrzeuge der Zukunft«. Wien 1891.

Wechmar, Ernst Freiherr von. »Zur Flugfrage«. Berlin 1891.

Zettler, P. »Die Lenkbarkeit des Luftschiffes«. 1891.

Stadelmann, Carl. »Die Luftschiffahrt etc.«. Berlin 1892.

Stonawsky, Georg. »Die Entwicklung der Luftschiffahrt.« Pogorsch 1892.

Billwiller, C. F. »Miniatur-Modell eines lenkbaren Luftschiffes.« Zürich 1894.

Griffith Brewer und Patrik Y. Alexander. »Aëronautics«, an abridgement of Aëronautical specifications filed at the Patent-office from A. D. 1815 to A. D. 1891. London 1893.

»Expériences de ballon dirigeable«, système de Compagnion in: Les Inventions nouvelles 5. Juni 1892.

Aérostats et Aérostation militaire à l'Esposition universelle de 1889.

Soreau, B. Problème de la direction des ballons. Paris 1893.

Gouttes. Aérostats métalliques. Paris 1893.

Manfai, Eduard. »Das gelöste Problem der Aëronautik«. Wien 1895.

Fontana. »Fusairs et uranes, machines aériennes d'Aluminium.« Paris 1896.

Steiner, C. »Das gelöste Problem der Lenkbarkeit des Luftschiffes«. Stade 1897.

Patentschrift Nr. 98580. »Lenkbarer Ballon« von Graf Zeppelin. Berlin 1898.

Blümelhuber, Michel. »Ein lenkbares Luftfahrzeug«. Weimar 1899.

Moedebeck, H. »Graf v. Zeppelin's Luftschiff und seine Aussichten auf Erfolg«. Swinemünde 1900.

Weil, Josef Dr. Krocker's lenkbares Luftschiff. Teplitz 1901.

Armengaud, M. Jeune. »Les Progrès de la navigation aérienne et les expériences de M. Santos Dumont« in »Mémoires et Compte rendu des travaux de la société des ingénieurs civils de France«. Bulletin de décembre 1901.

Hoernes. »Das Zeppelin'sche Ballonproblem.« Vortrag im österr. Ingenieur- und Architekten-Verein. Wien, Lehmann & Wenzel 1901.

Sander, »Lenkbares Luftschiff«.

Kühl. Aëronautische Bibliographie. Berlin 1902.

Moedebeck-Hoernes-Kremser etc. »Taschenbuch für Flugtechniker und Luftschiffer«. 2. Aufl. Berlin 1902.

Aëronautische Zeitschriften.

»Annales d'Aérostation et de Météorologie«. Bulletin de la Société aérostatique et météorologique de France. 1852.

»The Balloon, or Aërostatic Magazine«. London 1859.

»L'Aéronaute«. Bulletin mensuel illustré de la navigation aérienne. Paris 1868.

»Bulletin de la Société française de Navigation aérienne« 1877.

»Le Ballon«. Bulletins mensuels de l'École d'Aéronautes français 1878.

»Le Wosduchoplawatjel«. Russische Zeitschrift für Luftschiffahrtswesen.

»Zeitschrift des Deutschen Vereins zur Förderung der Luftschiffahrt«. 1882. Fortsetzung unter dem Titel: »Zeitschrift für Luftschiffahrt und Physik

der Atmosphäre.« Herausgegeben von dem Deutschen Vereine zur Förderung der Luftschiffahrt in Berlin und dem Flugtechnischen Vereine in Wien. 1891—1900.

»L'Académie d'Aérostation Météorologique«: A. I. II. Bulletin mensuel. 1885.

»La France aérienne«. Journal officiel des Sociétés aéronautiques et colombophiles. 1885—1895.

»Aeronautical Society of Great Britain«. Annual Reports. 1886.

»L'Aérostat«. Journal de l'Aéronautique. 1887—89.

»Revue d' l'Aéronautique théorique et appliquée. Publication trimestrielle illustrée. 1888.

»The Aeronautical Annual«. Boston 1895—1897.

»Illustrierte Mitteilungen« des Oberrheinischen Vereins für Luftschiffahrt 1897, erscheint dann als 2. Band unter dem Titel: »Illustrierte aëronautische Mitteilungen« 1898—1901 und von 1902 an noch unter dem Zusatztitel: »Deutsche Zeitschrift für Luftschiffahrt«, Fachzeitung für alle Interessenten der Flugtechnik mit ihren Hilfswissenschaften, für aëronautische Industrie und Unternehmungen. Straßburg.

»The Aëronautical Journal«. London von 1897 an.

»L'Aeronauta«. Mailand von 1900 an.

»Flying«. The Record of Aërial Navigation. London von 1902 an.

»Wiener Zeitschrift für Luftschiffahrt« von 1902 an.

Berichtigungen.

Seite 12 10. Horizontal-, letzte Vertikalrubrik 0,5554 statt 5,554.

» 39 Zeile 11 von oben Isolation statt Insolation.

» 86 » 9 von unten $a c_{s0}$ statt $a c_{u}$.

» 88 » 6 und 7 von oben $\frac{a h}{y} \cdot a g$ statt $\frac{a h}{a g} \cdot y$.

» 88 » 8 und 9 von unten $\pi r^2 = \pi \xi^2$ statt $\frac{\pi}{16} r^2 = \frac{\pi}{16} \xi^2$.

» 90 » 18 und 19 von oben πx^2 und πy^2 statt $\frac{\pi x^2}{4}$ und $\frac{\pi y^2}{4}$.

» 92 » 8 und 14 von oben $\frac{\beta}{2}$ statt β.

» 107 Tabelle 1a 1. Horizontal- und 3. Vertikalrubrik F_r statt F_3

» 107 » 1a 1. » » 10. » 1,092 statt 0,1092.

» 130 Zeile 12 von unten ξ statt $\frac{1}{\xi}$.

» 130 » 11 von unten $\frac{\frac{\gamma}{g} \xi F r^3}{\frac{\gamma}{g} F r^3} = \xi$ statt $\frac{\frac{\gamma}{g} F r^3}{\frac{\gamma}{g} \xi F r^3} = \frac{1}{\xi}$.

» 211 » 17 von unten $\frac{2 r}{V + r}$ statt $\frac{2 r}{V - r}$.

» 228 » 18 von oben fehlt der Verweis 124 a) für den Anhang.

» 244 » 6 von unten 500 statt 80.

» 227 » 6 von unten Teisserenc de Bort statt Tessereinc de Bord.

» 307 » 9 von unten 2×30 statt 30.

Sachregister.

B.

C.



D.

E.

F.



G.

M.

N.

O.

P.

Q.

R.

T.



U.

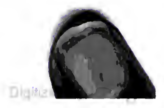
V.

W.



Y.

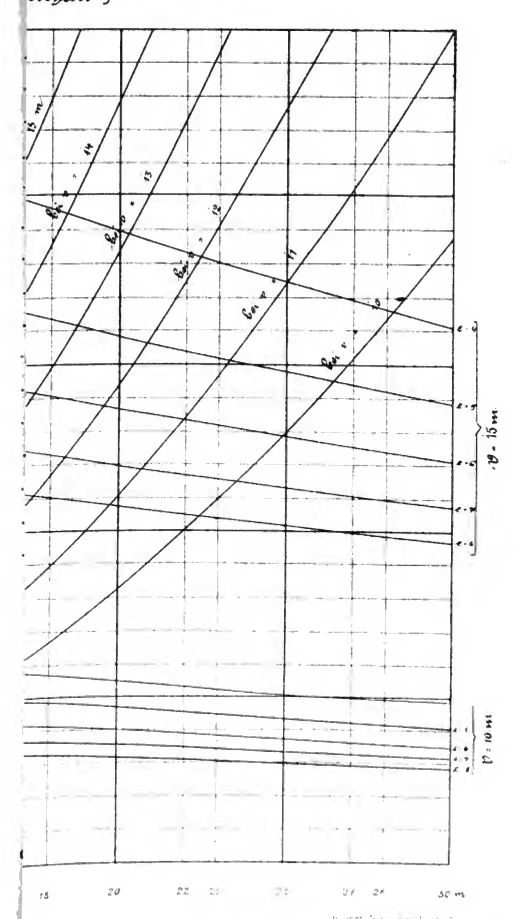
Z.

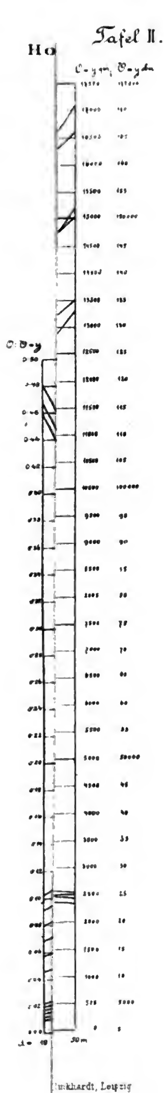


Druck von Breitkopf & Härtel in Leipzig.

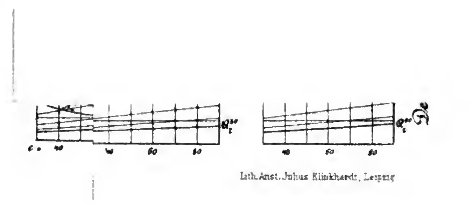
Tafel I.

...ur Vorwärtsbewegung eines Ballons von
... 10 bis 15 m, welche
...anzen
...inhalt } gebraucht werden.

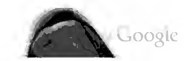



Tafel II.
Ho





Lith. Anst. Julius Klinkhardt, Leipzig



Hoerne[r] Tafel IV.

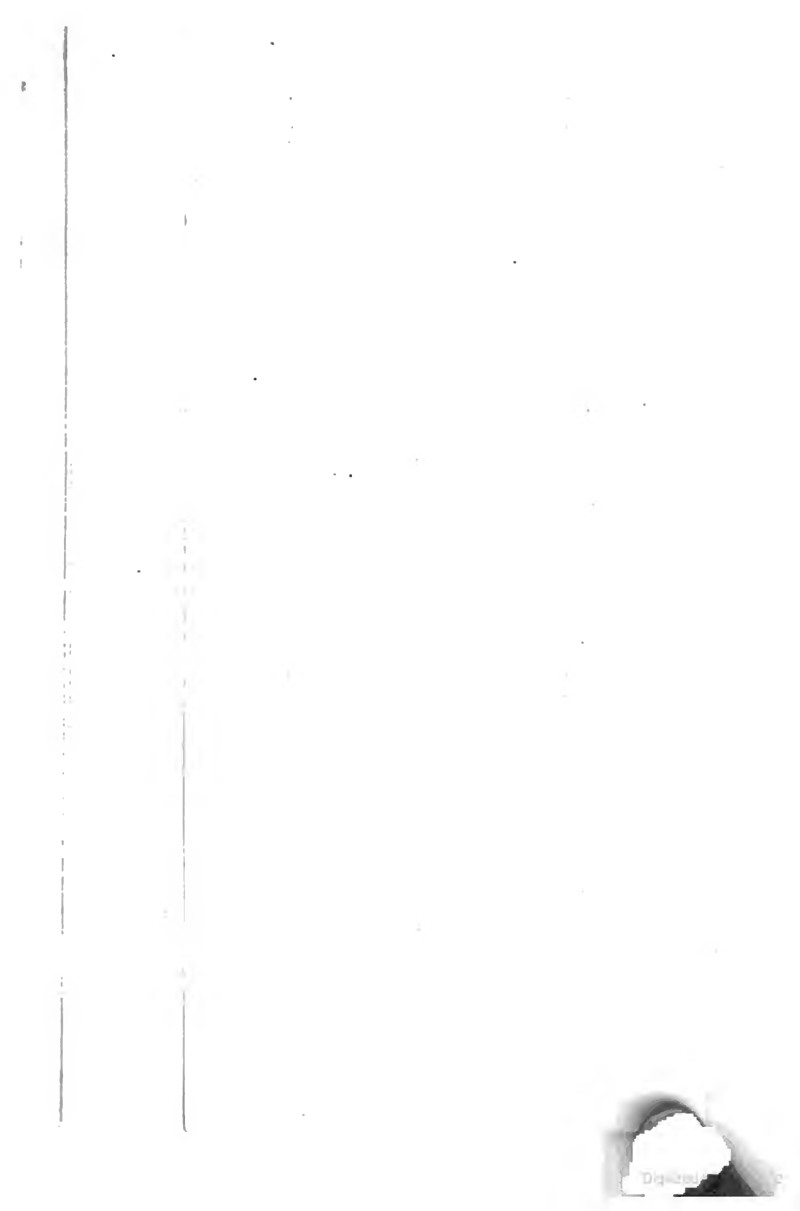
Einfluss [Ballon]-Gerüst-Gewicht, bei d = 10 bis d = 30 m u. e = 30 – 90 m Alle relativen Gewichte sind auf der Null

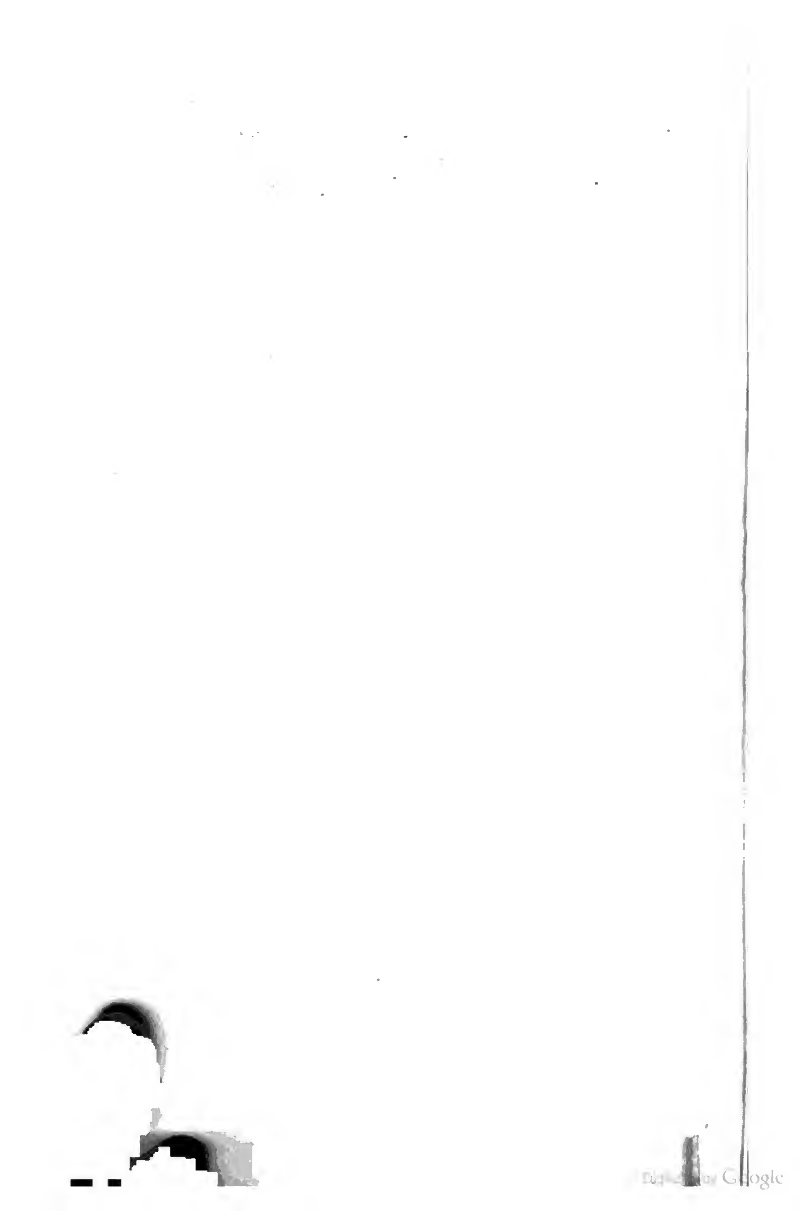
V = 16   17 m.

V = 16   17

Der obere Zeiger bedeutet den Durchmesser des Ballons auf den sich die relativen Gewichte beziehen.

Lith.Anst. Julius Klinkhardt Leipzig







Druck von Breitkopf & Härtel in Leipzig.




LIBRARY OF CONGRESS
0 013 528 115 3